DER ANAESTHESIST

ORGAN
DER ÖSTERREICHISCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANAESTHESIOLOGIE
DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANAESTHESIE UND
DER SCHWEIZERISCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANAESTHESIOLOGIE
(SOCIÉTÉ SUISSE D'ANESTHÉSIOLOGIE)

HERAUSGEGEBEN VON
R. FREY-MAINZ · F. KERN-ST. GALLEN · O. MAYRHOFER-WIEN

UNTER MITARBEIT VON
J. BARK-TÜBINGEN · L. BARTH-BERLIN · H. BERGMANN-LINZ · C. BOVAY-LAUSANNE
V. FEURSTEIN-SALZBURG · B. HAID-INNSBRUCK · K. HORATZ-HAMBURG · G. HOSSLI-ZÜRICH · O. JUST-BERLIN
R. KUCHER-WIEN · H. L'ALLEMAND-GIESSEN · W. SAUERWEIN-SAARBRÜCKEN · K. STEINBEREITHNER-WIEN
K. WIEMERS-FREIBURG I. BR. · K. ZIMMERMANN-ZÜRICH · M. ZINDLER-DÜSSELDORF

BEIRAT FÜR DIE GRENZGEBIETE
BLUTTRANSFUSION: E. DOMANIG-SALZBURG · P. FUCHSIG-WIEN · L. HOLLÄNDER-BASEL · P. SCHOSTOK-FRIEDRICHSHAFEN
W. WACHSMUTH-WÜRZBURG · H. WILLENEGGER-LIESTAL · *BRONCHOLOGIE:* K. MÜLLY-ZÜRICH
CHIRURGIE: E. K. FREY-MÜNCHEN · F. KOSS-BIELEFELD · *GEBURTSHILFE UND GYNÄKOLOGIE:* W. BICKENBACH-MÜNCHEN
OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE: H. FRENZEL-GÖTTINGEN · *PHARMAKOLOGIE:* F. v. BRÜCKE-WIEN · F. EICHHOLTZ-HEIDELBERG
G. KUSCHINSKY-MAINZ · *PHYSIOLOGIE:* H. SCHAEFER-HEIDELBERG · *ZAHNHEILKUNDE:* R. RITTER-HEIDELBERG

KORRESPONDIERENDE MITARBEITER
H. K. BEECHER-BOSTON · E. CIOCATTO-TORINO · J. C. DOCAL-BUENOS AIRES · T. GORDH-STOCKHOLM
E. KERN-PARIS · SIR ROBERT MACINTOSH-OXFORD · O. RIBEIRO-RIO DE JANEIRO · C. R. RITSEMA VAN ECK-GRONINGEN · H. YAMAMURA-TOKYO

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

9. BAND | NOVEMBER 1960 | HEFT 11

INHALT

ORIGINALIEN — Seite

BEECHER, H. K., Pathologie und Experiment zur Förderung der Untersuchung subjektiver Reaktionen unter besonderer Betonung des Schmerzes. (Pathology and Experiment in Advancing Study of Subjective Responses with Emphasis on Pain) 333

BLAHA, H., und W. WEBER, Weitere Erfahrungen mit der Beatmungsbronchoskopie. (Further Experiences with Bronchoscopy and Simultaneous Controlled Respiration) 339

MÜLLER, A., und W. DEBRUNNER, Pleuraler Sog und endotrachealer Druck im Vergleich zur Lungendurchblutung. (Pleural Negative Pressure and Endobronchial Pressure Compared with Blood Supply to the Lungs.) Mit 9 Textabbildungen 344

ÜBERSICHTEN — Seite

EY, W., W. SCHWAB und W. T. ULMER, Über den Gasaustausch bei der Bronchoskopie in Narkose und Relaxation. (On the Gas Exchange during Bronchoscopy in Anaesthesia and Relaxation.) Mit 6 Textabbildungen 350

TAGUNGSBERICHTE

Unfallrettungsdienst durch Hubschrauber. Colloquium des Deutschen Forschungsringes für Verkehrsmedizin am 28. Januar 1960 in Bochum. (First Aid in Accidents by Heliocopters. Conference of the German Research Council on Traffic Medicine, January 28th 1960 at Bochum) 355

Europäische Anaesthesistenvereinigung. Symposium vom 10.—11. April 1960 in Lausanne. (Association of European Anaesthesiologists. Symposium, April 10th and 11th 1960 at Lausanne) 356

DER ANAESTHESIST

BAND 9, HEFT 11 NOVEMBER 1960

Originalien

Pathologie und Experiment zur Förderung der Untersuchung subjektiver Reaktionen unter besonderer Betonung des Schmerzes*

Von HENRY K. BEECHER

Aus der Anaesthesieabteilung (Direktor: Prof. Dr. H. K. BEECHER) der Harvard Medical School, Boston, Massachusetts

Die heute hier zur Diskussion stehende Materie über den Schmerz geht unmittelbar auf eine im Jahre 1811, dem Gründungsjahr unseres Hospitals, gemachte Entdeckung zurück. In diesem Jahre fand CHARLES BELL, daß es 2 Arten von Nerven gibt, nämlich motorische und sensorische, was 11 Jahre später durch MAGENDIE bestätigt wurde. BORING (1942) brachte dies folgendermaßen zum Ausdruck: „Diese Zweiteilung der Nerventätigkeit in eine sensorische und motorische erinnerte die Physiologen daran, daß die Bewußtseinsempfindungen ebenso zu ihrem Aufgabengebiet gehörten wie die Muskelbewegungen." Obwohl dieser Hinweis klar und überzeugend war, hat es doch manchmal den Anschein, als habe man sich nur sehr zögernd dazu bereit gefunden, dieser Aufforderung zu einer ordnungsgemäßen Untersuchung des Bewußtseins Folge zu leisten.

Die wissenschaftliche Untersuchung des Schmerzes ist schon über 100 Jahre alt. Ihre Anfänge können in das Jahr 1846 gelegt werden, als ERNST HEINRICH WEBER sein Interesse am Schmerzapparat bekundete und insbesondere eine Trennung des Schmerzes vom Tastsinn vornahm. „Es war ihm klar, daß Druck, Wärme und Kälte echte Empfindungen darstellen", sagt BORING (1952), „weil sie ihre entsprechenden Reize haben ... Andererseits schien für ihn der Schmerz keinen entsprechenden Reiz zu besitzen, sondern eine körperliche Notwendigkeit wie Hunger oder Brechreiz zu sein. Durch das Erkennen dieses Unterschiedes leistete WEBER der Wissenschaft einen Dienst, aber sein Beitrag war negativ ..." Nur wenig später, im Jahre 1850, erblickte FECHNER in WEBERs „Untersuchungen zur Intensität des sensorischen Erlebens" ... eine Möglichkeit zur Darstellung der quantitativen Beziehungen zwischen Bewußtsein und Körper, oder um es genauer auszudrücken, zwischen der Empfindung und ihrem Reiz" (BORING 1952). Für die vorliegenden Zwecke ist es für uns nicht erforderlich, die Streitfrage zu untersuchen, ob das Weber-Fechnersche logarithmische Gesetz der entsprechende mathematische Ausdruck für diese Dinge ist, oder ob nach Ansicht von STEVENS (1958) in PLATEAUs Kraftgesetz die richtige Feststellung getroffen ist. Jedenfalls „erwuchs aus dieser Einsicht die gesamte psychophysische Forschung und damit gewissermaßen die neue experimentelle Psychologie" (BORING 1952).

Das Jahr 1846 ist für uns am Massachusetts General Hospital und für die ganze Menschheit von besonderem Interesse. Vermutlich war es reiner Zufall, daß der wissenschaftliche Angriff auf das Schmerzproblem und ebenso die Lösung eines Teiles des Problems durch die allgemeine Einführung der Narkose, d. h. im Jahre 1846, erfolgte. Und dennoch kann man sich der Spekulation hingeben, daß zum damaligen Zeitpunkt eine gemeinsame Interessenströmung herrschte, die zu solch großen Ergebnissen führte. Jedenfalls ist das wissenschaftliche Interesse am Schmerz unmittelbar auf die Tatsache des klinischen Schmerzes zurückzuführen. Wenn die zwei soeben erwähnten Entwicklungen einer allgemeinen Interessentendenz entsprangen, dann kann man das Jahr 1846 als einen Markstein für die Anfänge dessen bezeichnen, was in den letzten Jahren die Erkenntnis gebracht hat, daß die Quelle für einige Arten des grundlegenden wissenschaftlichen Fortschrittes nur im Krankenzimmer, nur in Gegenwart der Krankheit, zu finden ist.

Über quantitative Daten

Die notwendige Tatsachengrundlage, auf der die vorliegende Besprechung fußt, ist an anderer Stelle dargestellt worden. Zu unserer Orientierung muß jedoch gesagt werden, daß ich Lord KELVINs Ansicht teile: „Ich sage oft, daß Sie über eine Sache dann etwas wissen, wenn Sie das, worüber Sie reden, in Zahlen ausdrücken und es messen können. Wenn Sie es jedoch nicht messen können, wenn Sie es nicht in Zahlen auszudrücken vermögen, dann ist Ihr Wissen dürftig und unbefriedigend. Es mag wohl der Anfang des Wissens sein, aber in Ihren Gedanken haben Sie wohl kaum die Stufe der *Wissenschaft* erreicht, wobei es gleichgültig ist, um welche Materie es sich handelt."

Technisches

Die Einfachheit des grundlegenden Apparates, der zur Untersuchung subjektiver Reaktionen erforderlich ist, ist reizvoll: Das bescheidene Notizbuch und der Bleistift. Vielleicht ist dies nur für jemanden von Bedeutung, der wie ich selbst vor der Physiologie der Räder erhebliche Angst hat und in dem die Kathodenstrahlen ein Gefühl des Unbehagens auslösen. Bei der klinischen Beurteilung von Arzneimitteln sieht sich der Forscher zwei Arten von Problemen gegenüber. Diese ergeben sich aus der Natur der Wirkungen, welche die Präparate hervorrufen sollen: a) Es gibt Arzneimittel, die eine objektive Änderung herbeiführen sollen,

* Vorliegende Arbeit erschien auch in erweiterter Form in einer Reihe von Lowell-Vorträgen, veröffentlicht von der Harvard University Press unter dem Titel „Disease and the Advancement of Basic Science", herausgegeben von HENRY K. BEECHER, M. D.

z. B. eine Änderung im Blutdruck oder Harnvolumen und b) solche Arzneimittel, die angewandt werden in der Annahme, daß es dadurch zu einer subjektiven Änderung kommt. Es besteht berechtigte Hoffnung, die Beurteilung subjektiver Reaktionen und Symptome genau so weiterführen zu können wie man dies im Falle einer objektiven Veränderung tun würde. Infolge der langwierigen und kostspieligen Verfahren, die im ersteren Falle notwendig werden, ist man begreiflicherweise sehr zurückhaltend mit dem Eingeständnis, daß man noch sehr weit vom Ziel entfernt ist. Subjektive Reaktionen sind Symptome. Sie kommen nur dem sie erlebenden Individuum zum Bewußtsein. Einem Zuschauer können sie gewöhnlich nur durch eine kooperative Aussage der betreffenden Person mitgeteilt werden. Andererseits kommen objektive Reaktionen in einer physischen Veränderung zum Ausdruck oder können auf diese Weise der Sinneswahrnehmung eines Zuschauers zugänglich gemacht werden. Es sind physische Anzeichen; sie lassen sich mechanisch registrieren. Die Messung einer subjektiven Veränderung kann mit annehmbarer Präzision durchgeführt werden, wobei sich ein größerer Genauigkeitsgrad erzielen läßt als verschiedentlich vermutet wurde. Sechs über die Vereinigten Staaten verstreut liegende Laboratorien und ebenso 1—2 Laboratorien in England verwenden die Methoden bzw. Modifikationen davon, wie sie zuerst in unserem Laboratorium beschrieben wurden. Es wird von einer guten Übereinstimmung berichtet. Nachstehendes Beispiel zeigt die Größenordnung des vorgefundenen Fehlers auf (KEATS, BEECHER und MOSTELLER 1950):

Zwei Reihen zu je 6 Glaskolben enthielten unbekannte Lösungen. Die Aufgabe bestand darin herauszufinden, welcher Kolben der einen Reihe, mit welchem Kolben der anderen Reihe in bezug auf analgetische Wirksamkeit vergleichbar sei. Schließlich stellten wir fest, daß eine Reihe stets 10 mg Morphium/ml enthalten hatte, während in der anderen Reihe die Morphiumkonzentration schwankte. Bei der graphischen Darstellung der paarweisen Dosen gegenüber dem Differentialprozentsatz der Schmerzlinderung fanden wir, daß 10 mg Morphium der einen Reihe 10,8 mg der anderen entsprachen, das ist ein Fehler von 8%, der auf dem steilen Teil der Dosis-Wirkungskurve angetroffen wurde. Bei der Berechnung der Regressions-Linien werden 2% für einen Gesamtfehler von 10% hinzuaddiert. Dies ist etwa der gleiche Wert wie der bei den meisten *objektiven* Messungen am Menschen festgestellte.

Wir könnten diese Frage vom Standpunkt ihrer praktischen Bedeutung aus betrachten. Hier haben wir beispielsweise unabhängige Messungen über Schmerzlinderung vorliegen, wie sie durch eine bestimmte Morphiumgabe in 2 Laboratorien erzielt wurde, wo man sich mit Schmerzen sehr unterschiedlicher Genese beschäftigt.

Tabelle 1. *Schmerzlinderung durch 10 mg Morphium und durch ein Placebo*

	Untersuchungen	Anzahl der Patienten	% Linderung durch	
			Morphium 10 mg s.c.	Placebo
LASAGNA u. BEECHER, postoperativ. Wundschmerz	1952	66	65,8	39,0[1]
HOUDE u. WALLENSTEIN, chronische Schmerzen bei Krebspatienten . .	1952—53	67	65,0	42,0

[1] Durchschnittsdaten von LASAGNA, MOSTELLER, VON FELSINGER und BEECHER 1954.

Eine solche Untersuchung erfordert ihre eigenen Kontrollen. Dies ist eigentlich gar nicht überraschend, da Symptome laut Definition subjektiv sind und deshalb die darüber erfolgten Aufzeichnungen durch die persönliche Einstellung des Untersuchers leicht unbewußt beeinflußt werden können. Die Kontrollmaßnahmen sind ziemlich kompliziert, doch gibt diese Tatsache dem Beobachter nicht das Recht, sie zu ignorieren. Kurzum, die Hauptaufgabe der Spezialkontrollen, die für eine brauchbare Arbeit auf dem Gebiet der Beurteilung und quantitativen Bestimmung subjektiver Reaktionen erforderlich sind, besteht in der Ausschaltung einer Beeinflussung. Dies ist nicht so einfach, wie es klingen mag, jedoch auch nicht übermäßig schwierig. Zwar gibt es noch eine andere Möglichkeit zur Beurteilung von Arzneimitteln mit der zur Diskussion stehenden Wirkung, jedoch besteht die einzige dem Verfasser bekannte Methode mit Ausnahme der Anwendung der zu erwähnenden Kontrollen in dem Verfahren, hunderte von Fällen in jahrelanger Arbeit zu untersuchen. Immerhin ist diese Alternativmethode trotz ihres zeitraubenden Charakters bekanntermaßen ungenau. So kostspielig und zeitraubend diese Methoden und Kontrollen auch sind, wenn sie auf einer vernünftigen praktischen Grundlage beruhen, so sind sie doch weit weniger kostspielig und führen sicher in viel kürzerer Zeit zu Antworten, als wenn die Arzneimittel in breiter Streuung verteilt und ohne erkennbare Kontrollen angewandt werden. Auch bei der Methode der breiten Streuung trägt die Öffentlichkeit die Kosten. Bei der vernünftigeren Methode übernimmt die pharmazeutische Industrie die Bezahlung oder sollte es wenigstens tun. Es scheint daher nicht unbillig zu sein, daß die Kosten einer solchen Auswertungsarbeit von der Industrie bestritten werden. Diese Verpflichtung ist von mehreren führenden Gesellschaften anerkannt und akzeptiert worden.

Die in unserem Laboratorium gesammelten Erfahrungen haben sich in der Hauptsache auf die Beurteilung von Präparaten erstreckt, die eine subjektive Änderung herbeiführen, wobei sich der Schmerz in der Untersuchung anderer Reaktionen als richtungweisender Prototyp erwiesen hat. Die für den Schmerz erarbeiteten Kontrollgrundsätze haben ebenso für die Arbeit mit anderen subjektiven Reaktionen Gültigkeit. Die grundlegende Methode bleibt das im Jahre 1949 (DENTON und BEECHER) entwickelte und im Jahre 1950 verbesserte (KEATS, BEECHER und MOSTELLER) Verfahren. Spezialmethoden wurden geschaffen für Hypnotika (LASAGNA 1954), für Euphorie (LASAGNA, VON FELSINGER und BEECHER 1955; VON FELSINGER, LASAGNA und BEECHER 1955), für Hustenmittel (GRAVENSTEIN, DEVLOO und BEECHER 1954), für „geistige Umnachtung" (SMITH und BEECHER 1958). Die Grundmethode erfordert im wesentlichen die Heranziehung einer Gruppe zur Mitarbeit bereiter Personen, welche über die der Untersuchung unterzogenen Empfindung berichten. Bezüglich einer Veränderung oder Behebung eines störenden Symptoms werden willkürliche Kriterien festgelegt. Die erforderlichen Kontrollen bestehen in der Verwendung des doppelten Blindversuches, d. h. weder die Versuchsperson noch der Beobachter darf wissen, welche bzw. wann die zu prüfenden Arzneimittel verwendet werden. Ebenso werden Placebos nach der Blindmethode mit

einbezogen. Es wird ein Bezugsstandard verwendet (z. B. Morphium bei Untersuchungen mit Analgetica). Die Reihenfolge der Verabreichung der Versuchspräparate, des Bezugsstandards sowie des Placebos erfolgt nach dem Zufallsprinzip. Es werden korrelierte oder überkreuzte Daten verwendet, d. h. alle Präparate werden sämtlichen Versuchspersonen verabreicht. Die Versuchspersonen sollen zu keinem Zeitpunkt miteinander in Verbindung stehen. Zur Feststellung der zwischen den Präparaten vermuteten Wirkungsunterschiede wird eine mathematische Validierung herangezogen. Bei allen neuen Problemen und in vielen anderen Fällen geschieht dies zweckmäßigerweise durch einen Berufsstatistiker, welcher mit der im Fortgang begriffenen Arbeit unmittelbar vertraut ist. Natürlich ist der Mensch bei der Untersuchung subjektiver Reaktionen von erstrangiger Bedeutung.

Es liegt auf der Hand, daß Forscher, insbesondere die sich mit subjektiven Reaktionen beschäftigenden Wissenschaftler, sich der methodologischen Probleme bewußt sein müssen, die durch die Tatsache geschaffen werden, daß es auf Placebos ansprechende Menschen gibt. Es ist offensichtlich, daß sich in einer großen Bevölkerung ein ziemlich konstanter Anteil von Personen befindet, die auf Placebos reagieren. Dies mag natürlich unter Umständen bei kleinen Gruppen oder unter besonderen Umständen nicht zutreffen. Die Bedeutung dieser Tatsache geht aus der Beobachtung (LASAGNA und BEECHER 1954) hervor, daß eine große Morphiumdosis (15 mg) bei 75% der Probanden mit *starken* postoperativen Wundschmerzen zu befriedigender Schmerzlinderung führte. Wie bereits an anderer Stelle berichtet (BEECHER 1955), ist die Leistung von Placebos bei einer durchschnittlichen Linderungsquote von 35% etwa halb so groß. Es ist klar, daß man das Placebo-Problem nicht ohne weiteres übergehen kann.

Zweifellos sind Placebos schon seit Jahrhunderten von klugen Ärzten und auch von Quacksalbern angewandt worden, doch erst in neuerer Zeit hat man dem klinischen Umstand, wo dieses Werkzeug von wesentlicher Bedeutung ist, forschende Aufmerksamkeit zugewandt, „. . . um pharmakologische Wirkungen von Suggestionswirkungen zu unterscheiden, und . . . um zu einer unbeeinflußten Beurteilung der Versuchsergebnisse zu gelangen" (GADDUM 1954). Es ist bemerkenswert, daß PEPPER erst vor einigen Dutzend Jahren folgende Feststellung treffen konnte: „. . . anscheinend ist noch niemals eine Arbeit veröffentlicht worden, die (in erster Linie) das bedeutsame Thema des Placebos behandelt".

Hinsichtlich der immer mehr anerkannten Verwendungsmöglichkeiten des Placebos möchte ich seine Anwendung als Handhabe zur Ermittlung gewisser grundsätzlicher Mechanismen der Arzneimittelwirkung, insbesondere jene hervorheben, die zur Änderung subjektiver Reaktionen bestimmt sind. Diese Verwendungsmöglichkeit soll hier veranschaulicht werden. Es wird überzeugendes Beweismaterial zur Stützung der Ansicht dargeboten, daß mehrere Arzneimittelklassen einen bedeutenden Anteil ihrer Wirkung auf die Reaktions- oder Verarbeitungskomponente des Leidens ausüben und zwar im Gegensatz zu ihrer Wirkung auf die ursprüngliche Empfindung. Placebos sind bei solcher Arbeit von ausschlaggebender Bedeutung.

Die durch das Placebo erschlossenen Möglichkeiten sind einzigartig, da es auf Grund seiner physikalischen Form oder chemischen Zusammensetzung unmöglich an irgendeinem Prozeß teilnehmen kann. Es besitzt sozusagen weder die Reaktionsfähigkeit noch die physikalischen Dimensionen, die von einem wirksamen Arzneimittel gefordert werden. Dabei spielt es nicht die geringste Rolle, aus welcher Substanz das Placebo zubereitet ist oder wieviel davon verwendet wird, solange es biologisch inaktiv ist und weder durch die Versuchsperson noch durch den Beobachter als Placebo erkannt wird. Somit liefert das Placebo eine unentbehrliche Handhabe zur Untersuchung der Reaktions- oder Verarbeitungskomponente des Leidens (d. h. der Schmerzen). Hierbei wird die *Bedeutung* einer bestimmten Empfindung in Rechnung gestellt, wovon später die Rede sein wird.

Bei jedem Arzneimittelversuch bereiten die Probleme der Kontrolle und Versuchsanordnung große Schwierigkeiten. Als besonders mühsam erweisen sie sich in der experimentellen Psychiatrie, und das Ideal wird selten erreicht. Jedoch ist die Heranziehung von Versuchspersonen, die möglichst frei von Vorurteil und Suggestion sowie frei von eingewurzeltem Interesse sind, von erheblicher Bedeutung. Die Verwendung von Laborpersonal, Belegärzten, Krankenschwestern und anderer über Arzneimittel genau orientierter Personen als Versuchsobjekte, besonders wenn das Versuchspräparat bekannt ist, kann zu irrigen Schlußfolgerungen führen. Eine Gelegenheit zu schwerwiegenden Irrtümern ergibt sich stets dann, wenn die Versuchspersonen miteinander in Verbindung stehen, denn in einem solchen Falle kommt es unvermeidlich zu einer gegenseitigen Beeinflussung und es werden leicht falsche „Syndrome" geschaffen. Dieses Problem wurde durch eine unserer freiwilligen Versuchspersonen für ein Experiment mit Lysergsäure-Diäthylamid (VON FELSINGER, LASAGNA und BEECHER 1956) veranschaulicht, deren außergewöhnliche visuelle Halluzinationen eine beachtliche Übereinstimmung mit denen einer anderen, früheren Versuchsperson erkennen ließen. Eine auffallende Ähnlichkeit der Persönlichkeitsstruktur und insbesondere der tieferen persönlichen Probleme dieser beiden Menschen erweckten großes Interesse. Dieses Interesse ließ jedoch stark nach, als sich herausstellte, daß die 2. Versuchsperson mit der früheren Versuchsperson im gleichen Zimmer wohnte und sich mit ihr vor ihrem freiwilligen Eintritt in den Versuch ausführlich über deren Reaktionen auf das Präparat unterhalten hatte.

Oben wurde auf die Bedeutung der Verwendung „überkreuzter" oder korrelierter Daten hingewiesen. Auf Grund langer Erfahrungen auf diesem Gebiet glaube ich, daß es zweckmäßig sein dürfte, besonders darauf hinzuweisen, warum dies angezeigt ist. Uneingeweihte werden wahrscheinlich sagen: „Die Persönlichkeit des Menschen ist so wandelbar, sein Geist so kompliziert und seine Konditionierung und Vergangenheit so unterschiedlich und noch dazu beim gleichen Menschen vom einen zum anderen Mal, daß es ein hoffnungsloses Unterfangen darstellt, auf einem so komplizierten Gebiet sich mit Arzneimittelwirkungen zu befassen". Dies ist der eigentliche Grund, weshalb die Verwendung überkreuzter Daten, wo jede Versuchsperson alle Präparate erhält, so wichtig ist. Die individuellen Idiosynkrasien heben sich gegenseitig

auf, wenn der einzige in dem System geänderte Faktor das verabreichte Präparat ist. Da die Präparate nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und zu verschiedenen Zeiten verabfolgt werden, wobei der Faktor der Zeitbestimmung in bezug auf den Einzelnen ebenfalls auf ein Mindestmaß verringert werden muß, so ist eine ausreichende Anzahl von Versuchspersonen zu verwenden, um den gezogenen Schlußfolgerungen Allgemeingültigkeit zu verleihen.

Neue Auffassungen und Arbeitshypothesen: Die Reaktions- oder Verarbeitungskomponente

Subjektive Reaktionen können quantitativ bestimmt werden. Der größte Teil quantitativer Arbeit über die Wirksamkeit von Arzneimitteln hinsichtlich Empfindungsänderung ist, wie bereits erwähnt wurde, am Schmerz durchgeführt worden (BEECHER 1957). Dies wird im Lichte der aus solcher Arbeit erwachsenden praktischen Vorteile ohne weiteres verständlich. Genauso wie der Schmerz zweifellos der erste Grund für die Entwicklung des Arztes war, so bleiben auch der Schmerz und seine Bekämpfung eines seiner Hauptinteressen. Ungeachtet der Tatsache, daß in der Therapie einige Zeit die in der Chemotherapie erzielten großen Fortschritte im Brennpunkt des Interesses standen, so ist es trotzdem richtig (MACDONALD 1954), daß die Medizin sich noch sehr viel mit der Behandlung von Symptomen befaßt, wovon das wichtigste der Schmerz ist. Schmerzlinderung ist ein Gebot des Augenblicks. Der Wissenschaftler besitzt ein zwingendes Interesse am Schmerz, an seinem anatomischen Apparat, seinen Entstehungsmechanismen sowie an den chemischen und neurologischen Vorgängen, die nicht allein an seiner Entstehung, sondern ebenso an seiner Behebung beteiligt sind. Für die Arbeit über den Schmerz gibt es eine Fülle guter Gründe. Jedoch ist noch ein weiterer Grund für diese Untersuchungen gegeben: Bei seiner Arbeit auf diesem Gebiet während des letzten Jahrzehnts hat der Verfasser die Messung des Schmerzes niemals nur als Endzweck an sich betrachtet, so wertvoll dieses Ziel auch sein mag, sondern vielmehr als ein Gebiet, auf dem er etwas über den Angriff gegen andere subjektive Reaktionen in Erfahrung bringen konnte, wo Gesichtspunkte und ein Einblick in die technischen Möglichkeiten einer Behandlung anderer subjektiver Reaktionen sowie die für eine solche Arbeit notwendigen Kontrollen zu gewinnen waren. Was die quantitative Arbeit betrifft, so haben wir es hier mit einem verhältnismäßig vernachlässigten Gebiet der Pharmakologie zu tun. Wenn man überlegt, wieviele der im Arzneimittelbuch verzeichneten Präparate zur Änderung subjektiver Reaktionen vorgesehen sind, dann wird daraus die Notwendigkeit einer quantitativen Arbeit ersichtlich. Die Ansicht, daß man subjektive Reaktionen quantitativ angehen kann, ist eine neue und sicherlich grundsätzliche Auffassung.

Arzneimittel zur Änderung subjektiver Reaktionen, Angriffspunkt

Im Jahre 1895 sagte STRONG, durch MARSHALL angeregt: „Immer wenn wir Schmerz empfinden, haben wir ein vom Schmerz unterschiedliches Gefühl oder eine Vorstellung, womit im Zusammenhang der Schmerz empfunden wird, ... diese zwei Seiten, die erkenntnismäßige und die gefühlsmäßige, können wir bei jedem Geisteszustand unterscheiden". Dieser Auffassung entsprang die Anschauung, daß Schmerz, z. B. als Folge einer Wunde, aus 2 Komponenten besteht, nämlich der ursprünglichen Empfindung und der psychischen Modifizierung oder Verarbeitung der ursprünglichen Empfindung. Mit anderen Worten, die *Bedeutung* der ursprünglichen Empfindung hat sehr viel damit zu tun, ob sie wesentlich ist und zu Schmerz führt, oder ob ihre Bedeutung als etwas Gutes und zur Schmerzblockierung führendes ausgelegt werden kann. Es ist mir klar, daß dies eine sehr gewagte Behauptung ist und ich werde sie durch Beweismaterial untermauern. Diese Fragen sind in einer großen Arbeit (BEECHER 1956) besprochen worden und ihre Wiederholung ist hier aus Raumgründen nicht möglich. Einige wichtige Überlegungen hierzu sind jedoch nachstehend wiedergegeben.

Während STRONG zwar eine brauchbare Auffassung vorlegte, stützte er sie nicht durch Daten. Zum Glück haben wir im Lauf der Jahre Daten erhalten, die meines Erachtens eine überzeugende Stütze für seine Hypothese bieten. Der erste Beweispunkt, den ich erwähnen möchte, ist „negativ". Wie jedermann weiß, hat man außerordentliche Anstrengungen zur Verwendung experimentell entwickelter Methoden der Schmerzerzeugung beim Menschen unternommen, um sie für die Beurteilung schmerzstillender Mittel heranzuziehen. Zur Schmerzbereitung sind viele teuflische und geniale Methoden erdacht worden: Nadelstiche in die Haut, stechende Hitze auf der Stirn, elektrische Schläge an den Zähnen, die Anwendung von Chemikalien auf freigelegten Hautblasen, Stauschläuche an den Armen. Es ist eine schreckliche Liste. Die Schwierigkeit liegt darin, daß nicht weniger als 15 Gruppen von Forschern nunmehr versucht haben, die erwähnte Untersuchung unter Verwendung der gleichen Methoden wie sie von deren Erfindern benützt wurden, zu wiederholen, wobei es sich um Untersuchungen handelt, die eigentlich in sehr vielen Arbeiten erschienen sind. Den besagten 15 Gruppen gewissenhafter Forscher ist es in keiner Weise gelungen mit den erwähnten Methoden die Ansicht zu bestätigen, daß die Schmerzschwelle beim Menschen (Tiere sind anders) gegen die Wirkung analgetischer Mittel nachweisbar empfindlich ist. Zum Glück haben wir andererseits ein erhebliches Unterlagenmaterial zusammentragen können, wodurch die Ansicht gestützt wird, daß der Angriffspunkt dieser Arzneimittel die oben erwähnte Reaktionskomponente ist. Placebos sind z. B. außergewöhnlich wirksam zur Behebung subjektiver Reaktionen und zwar selbst bei schweren Schmerzen infolge postoperativer Wunden oder bei Angina pectoris (BEECHER 1955). Placebos können sicher keinerlei Wirkung auf die „ursprüngliche Empfindung" ausüben. Die pharmakologisch wirkungslosen Placebos können lediglich die Reaktion beeinflussen. Eine weitere Stütze der Strongschen Hypothese wird in der Betrachtung einer anderen Arbeitshypothese im folgenden dargelegt.

„Natürliche" gegen ersonnene Daten. Ich habe vorhin die Tatsache erwähnt, daß der experimentell erzeugte Schmerz beim Menschen unter den bei solchen Untersuchungen angewandten Umständen mit analgetischen Präparaten nicht wirksam beherrscht wurde. Wie jedoch MALMO und SHAGASS in Kanada (1949a, b),

HILL, KORNETSKY, FLANARY und WIKLER (1952a, b) sowie KORNETSKY (1954) in den Vereinigten Staaten gezeigt haben, spricht die experimentelle Schmerzschwelle auf die Wirkung des Analgetikums an, wenn eine Angstkomponente mit hineingebracht wird. Dies führt natürlich beim experimentellen Schmerz zu einer Situation, die beim pathologischen Schmerz vorherrschend ist. Darüber hinaus reagieren Schmerzschwellen bei Tieren auf analgetische Mittel mit einem ziemlichen Genauigkeitsgrad (BEECHER 1957). Für das Tier muß jeglicher Schmerz schwerwiegend und bedeutungsvoll sein, d. h. mit dem pathologischen Schmerz beim Menschen vergleichbar. Weiteres Beweismaterial für die Reaktionskomponente als Angriffspunkt folgt.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es uns nicht möglich, darüber etwas auszusagen, wie breit die Arbeitshypothese ist, so daß man, will man die Arzneimittelwirkungen auf die bei der Krankheit entstehenden subjektiven Reaktionen untersuchen, in den meisten Fällen auf Krankheitszustände zurückgreifen muß, um eine Antwort zu erhalten. Dr. MACRIS und ich haben uns mehrere Jahre lang mit der Überprüfung dieser Materie auf einem anderen Gebiet befaßt: Dem pathologischen Juckreiz im Gegensatz zum experimentell ausgelösten Juckreiz. Es wäre verfrüht, schon jetzt einen Bericht über diese Untersuchung zu geben. Es sei hier lediglich angeführt, daß wir nunmehr über ausreichende Erfahrungen verfügen, um sagen zu können, daß es bei den beiden Arten von Juckreiz Unterschiede bezüglich des Ansprechens auf Narkotica gibt. Dies steht natürlich im Einklang mit der Arbeitshypothese. Wir hoffen, in 1—2 Jahren über dieses Thema mehr sagen zu können.

Die Bedeutung der Empfindung und die Arzneimittelwirkung. Im Verlauf der hauptsächlich auf dem Anzio-Brückenkopf während des zweiten Weltkrieges geleisteten Arbeit (BEECHER 1946) wurde beobachtet, daß nur ein Viertel der Männer, die mit schweren Verwundungen, komplizierten Röhrenknochenbrüchen, Brustdurchschüssen, Bauchdurchschüssen oder ausgedehnten Weichteilverwundungen in das vorderste Lazarett eingeliefert wurden, so starke Schmerzen empfanden, daß sie auf Befragen den Wunsch äußerten, man solle etwas dagegen tun. Die Auswahl erstreckte sich nur auf solche Leute, die nachstehende Bedingungen erfüllten: Sie hatten in vielen Fällen überhaupt oder wenigstens 4 Std lang kein Morphium oder anderes schmerzstillendes Mittel erhalten, sie waren bei klarem Bewußtsein und befanden sich nicht im Schockzustand. Es sei hier daran erinnert, daß der Anzio-Brückenkopf insofern ein schrecklicher Abschnitt war, als er monatelang Tag und Nacht pausenlosem Granatfeuer und Bombenangriffen ausgesetzt war. Jeder, der sich dort im Einsatz befand, befürchtete sterben zu müssen. Die Verwundungen, die diese Männer erlitten, bedeuteten für sie eine Eintrittskarte in die Sicherheit des Lazaretts. Für sie war der Krieg vorbei. In den ersten Stunden waren sie über ihre Verwundungen nicht unglücklich. Eine entgegengesetzte Untersuchung (BEECHER 1956) an Zivilisten, die sich chirurgischen Eingriffen unterziehen mußten, ließ umgekehrte Ziffern erkennen, d. h. über 80% der Zivilisten hatten genügend starke Schmerzen, um den Wunsch zu äußern, man möge etwas dagegen tun. Bei flüchtiger Überlegung könnte man diese Tatsache auf Grund einer langen Erfahrung mit Arzneimitteln erklären. Dies traf jedoch nicht zu; denn ein so hoher Prozentsatz wünschte eine Schmerzstillung ohne Rücksicht darauf, ob die Notwendigkeit des Eingriffes durch einen frischen Knochenbruch oder durch eine langwierige Krankheit, die z. B. eine Hüftgelenkplastik erforderlich machte, gegeben war. Für die Zivilisten bedeutete die Notwendigkeit der Operation ein Unglück und die Operationswunden waren dafür symbolisch. Kurz gesagt, die Bedeutung der Wunde bestimmt das daraus sich ergebende Schmerzerleiden. Zweifellos waren in den Wunden dieser Soldaten viele Schmerznervenendfasern gereizt, die Schmerzbotschaft setzte ein, doch wurde in 75% der Fälle kein Schmerz empfunden. An irgendeiner Stelle kam es zur Blockierung. Es scheint wahrscheinlich, daß dies durch die Bedeutung des Erlebnisses bewirkt wurde, das von den Soldaten als etwas Gutes, von den Zivilisten jedoch als etwas Schlechtes ausgelegt wurde. In dem klaren Nachweis der Bedeutung der Wunde für das erlebte Leiden können wir die Wichtigkeit des krankheitsbedingten Schmerzes für die Untersuchungen zur Wirksamkeit schmerzlindernder Mittel im Gegensatz zum experimentell ausgelösten Schmerz erkennen.

Das gesamte in den letzten 3 Abschnitten gebrachte Material liefert den überzeugenden Beweis dafür, daß der Angriffspunkt der zu einer Änderung des Schmerzerlebens führenden Arzneimittel (und sehr wahrscheinlich trifft dies ebenso auf andere subjektive Reaktionen zu) sich an der Reaktionskomponente befindet.

Zur Spezifität: Der Ursache-Wirkungs-Komplex

Prof. LAWRENCE J. HENDERSON erteilte einen guten Rat, als er sagte: „Man hüte sich vor dem Fallstrick des unangebrachten Konkretums". Ich habe nicht die Vermutung, daß er dabei an jene zwei überragend großen Männer des 19. Jahrhunderts, nämlich PASTEUR und KOCH dachte, doch wäre es immerhin möglich.

DUBOS (1954) hat das Beweismaterial zusammengefaßt, um damit zu zeigen, daß die Ätiologie der meisten Krankheiten mehrere Komponenten aufweist. Es liegt auf der Hand, daß jene zwei starken Charaktere PASTEUR und KOCH einen allzu eingeschränkten Anspruch auf Beachtung ihrer „Lehre der spezifischen Ätiologie" erhoben (ein bestimmter Erreger für eine bestimmte Krankheit) und daß die von PIDOUX und VIRCHOW an den Tag gelegte Zurückhaltung während der gewissermaßen übertriebenen Festlegung der Lehre von der Spezifität der Krankheitsursache etwas für sich hat. Man weiß nunmehr, daß bei fast allen Infektionen und Stoffwechselerkrankungen physiologische und umweltbedingte Faktoren mit hereinspielen, die den Krankheitsablauf bestimmen. Der menschliche Körper ist angefüllt mit latenten Infektionserregern, die bei Krankheitsprozessen nur unter besonderen physiologischen und umweltbedingten Voraussetzungen zur Auswirkung gelangen. In vorliegender Arbeit können wir diese Anschauung der Unspezifität sogar noch weiter fortsetzen und sie nicht auf eine Krankheit, sondern auf ein Krankheitssymptom zur Anwendung bringen. Eine Wunde ist nicht die alleinige Ursache des Schmerzes. Die *Bedeutung* der Wunde kann unter Umständen der ausschlaggebende Faktor sein, durch den das Vorhandensein des Schmerzes

bestimmt wird. Als man DUBOS (1956) gegenüber diese Dinge erwähnte, erwiderte er, es wäre seine „Überzeugung, daß die ‚Spezifität' zwar eine wesentliche Auffassung in der Formulierung der wissenschaftlichen Medizin des 19. Jahrhunderts darstelle, jedoch häufig die Tendenz aufweise, uns von der Erlangung einer umfassenden Anschauung über das Krankheitsproblem abzuhalten".

Um noch einmal auf das Schmerzproblem zurückzukommen: Es scheint, daß viele Forscher zu hartnäckig auf ihrer Behauptung bestehen — nur allzu oft hat es den tatsächlichen Anschein, als ob ihnen überhaupt keine Frage vorgeschwebt hätte — es müsse für einen bestimmten Reiz eine bestimmte Reaktion geben, d. h. bei einer soundso starken Reizung der Schmerznervenendfasern tritt ein soundso starker Schmerz ein usw. Dieser grundlegende Irrtum hat zu einem ungeheuren Leerlauf geführt. Wenn vorliegende Arbeit lediglich einen klaren Hinweis auf diese Tatsache liefert, dann hat sie damit einen ihrer wichtigsten Zwecke erfüllt. Dieser Fehler ist allgemein in solchen Laboratorien aufgetreten, wo man das Hauptaugenmerk auf die Methoden der experimentellen Schmerzerzeugung gerichtet hat. Die hier dargelegte Arbeit zeigt deutlich, daß es keine einfache Beziehung zwischen Reiz und subjektiver Reaktion gibt. Ebenso wird ersichtlich, daß der Grund hierfür in der Zwischenschaltung der Konditionierung der psychischen Reaktion, der Verarbeitungskomponente, zu suchen ist. Es liegt auf der Hand, daß diese Komponente weitgehende Überlegung verdient und verdienen muß. Sie muß nicht nur für den Schmerz, sondern für alle subjektiven Reaktionen in Rechnung gestellt werden. Wer hier nach dem Ausschau hält, was manchmal als Psychophysik des Schmerzes bezeichnet wird, findet keine eingehende Darstellung dieses Themas. Der Grund ist einfach: Es stehen hierfür keine ausreichend zuverlässigen Daten zur Verfügung. Dies will nicht besagen, daß man deshalb die mühsame Arbeit am sog. „Dol" gedankenlos übergehen soll, wobei es sich um ein löbliches Bemühen um die Begründung der Psychophysik des Schmerzes auf einer Basis handelt, die mit der für das Seh- und Hörvermögen entwickelten, zuverlässigeren Basis vergleichbar ist. Die Tatsache, daß es anderen ernsthaften Forschern nicht gelungen ist, einen Großteil dieser Arbeit mit dem Schmerz zu bestätigen, hinterläßt ihre Zweifel. Wenn die Psychophysik des Schmerzes jemals ordnungsgemäß begründet wird, dann wird man einen großen Teil des hier dargestellten Materials in jede derartige Formulierung mit einbeziehen müssen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt scheint es unwahrscheinlich, daß man jemals die Möglichkeit finden wird, die Psychophysik des Schmerzes zu beschreiben, mit Ausnahme einiger extrem begrenzter, experimenteller Situationen, die eventuell nur eine geringe Beziehung zu dem während der Krankheit erlebten Schmerz weisen. Die Psychophysik des Sehvermögens, des Gehörs, eventuell des Geschmackes, Geruch- und Tastsinnes, ja; aber die Aufgabe der Untersuchung der Psychophysik von signifikantem Schmerz käme etwa der Untersuchung der „Psychophysik" der Gemütsbewegung oder Angst gleich. Es besteht aller Grund zur Annahme, daß die Angst eines der grundlegenden Elemente im Schmerzgeschehen darstellt. Wahrscheinlich können wir die Psychophysik des Schmerzes pathologischen Ursprungs ebensowenig in sinnvoller Weise untersuchen, als die Psychophysik der Angst.

Es ist einleuchtend, daß wir uns mit dem pathologischen Schmerz auf quantitativem Weg auseinandersetzen können. Ebenso haben 15 Gruppen von Forschern eindeutig gezeigt, daß es keine zuverlässige Beziehung zwischen der Schmerzschwelle und selbst hochwirksamen Narkotica gibt. Dies besagt, daß es bei der üblichen experimentellen Situation z. B. durch Morphium nicht zu einer zuverlässigen Erhöhung der Schmerzschwelle kommt, jedoch bewirkt eine kleine Morphiumgabe eine zuverlässige Linderung des schweren Schmerzes, wie er bei einer großen Operationswunde auftritt. Während der experimentelle Schmerz zweifellos seine Anwendungsmöglichkeiten hat, z.B. in der Darstellung der Anatomie des Schmerzapparates, so müssen wir doch den Schmerz pathologischen Ursprunges studieren, wenn wir für das Wesen des Schmerzgeschehens Verständnis gewinnen und dieses Verständnis zur Bekämpfung des Schmerzerlebens verwenden wollen.

Schlußfolgerungen

Vorliegende Arbeit hängt mit der Wissenschaft der Verhaltensweisen zusammen. Soll die Wissenschaft der Verhaltensweisen zuverlässig begründet werden, muß sie sich aus ihrem derzeitigen Stadium, das auf vielen Gebieten im wesentlichen nur beschreibender Art ist, herausbewegen und zur Messung übergehen. Die Messung ist abhängig von der Erkenntnis und präzisen Definition der Variablen und ihrer Beziehung sowie von der Entwicklung der Werkzeuge und Verfahren, mit denen sich in quantitativen Begriffen arbeiten läßt. Wie bei allen Wissenschaften, so muß auch hier schließlich die Möglichkeit einer Voraussage gegeben sein. Dies schließt nicht nur die Notwendigkeit in sich, meßbare Elemente zu erkennen, sondern ebenso die, Existenz und Natur der wesentlichen Schutzmaßnahmen, Kontrollen und gemachten Beobachtungen zu begreifen. Ein Ziel der Wissenschaft ist es, Regeln (Gesetze) aufzustellen und je unveränderlicher diese Regeln sind, desto besser. Wir suchen in einer gegebenen Situation eine Voraussage für eine bestimmte Wirkung zu machen. Wie bereits erwähnt, sind Beobachtungen auf dem verwickelten Gebiet der Wissenschaft von den Verhaltensweisen des Menschen bisher im wesentlichen nur beschreibender Art gewesen. Man darf jedoch nicht die beachtliche Fülle der erfolgreich durchgeführten quantitativen Arbeit in der Psychophysik und Psychometrie übersehen. „Wenn die Beschreibung der Messung den Platz räumt, dann wird die Debatte durch Berechnung ersetzt" (STEVENS 1958). Der grundlegende Zweck dieser Arbeit bestand darin, zu zeigen, daß eine quantitative Erfassung der Empfindung („des Gefühls") möglich und lohnend ist. Die Empfindung in dem hier angewandten Sinne und die Stimmung sind oft beherrschende Faktoren im Verhalten und stellen als solche einen Gegenstand elementarer Erwägungen in der Entwicklung der Verhaltensforschung dar.

Summary. Measurement in the field of sensations and mood presents an area of significance in human behavior. This work is relevant to the behavioral sciences. The behavioral sciences must, if they are to be soundly established, move onward from the present state which in many areas is largely one of description to one of measurement. Measurement depends upon the recognition and precise definition of variables

and their relationships, and the development of tools and techniques for working with them in quantitative terms. As in all sciences, eventually there must be possibility of prediction. Implicit in this not only is the necessity to recognize elements that can be measured, but to understand the existence and nature of the essential safeguards, the controls, of observations made. One goal of science is rules ("laws") and the more invariable these rules are, the better it is. We seek to predict from given situation to certain effect. In the complex field of the behavioral sciences in man, observations have, as mentioned, so far largely been descriptive. However, one must not overlook the considerable body of successful quantitative work in psycho-physics and psychometrics. "When description gives way to measurement, calculation replaces debate" (Stevens 1958). The basic purpose of this report is to show that a quantitative approach to sensation ("feeling") is possible and rewarding. Sensation as used here and mood are often controlling factors in behavior and as such are elementary considerations in the development of the behavioral sciences.

Literatur. Beecher, H. K.: Ann. Surg. **123**, 96 (1946). — J. Amer. med. Ass. **159**, 1602 (1955). — Amer. J. Med. **20**, 107 (1956a). — J. Amer. med. Ass. **161**, 1609 (1956b). — Pharmacol. Rev. **9**, 59 (1957). — J. Amer. med. Ass. **169**, 461 (1959). — The Measurement of Subjective Responses: Quantitative Effects of Drugs. New York: Oxford University Press 1959. — Boring, E. G.: Sensation and perception in the history of experimental psychology. Appleton-Century-Crofts, New York (1942). — Vorwort S. V—X. In: Pain Sensations and Reactions. By J. D. Hardy, H. G. Wolff and H. Goodell. Baltimore: Williams & Wilkins 1952. — Denton, J. E., and H. K. Beecher: J. Amer. med. Ass. **141**, 1051 (1949). — Dubos, R. J.: Publ. Hlth Rep. (Wash.) **69**, 365 (1954). — Persönliche Mitteilung. Brief vom 20. Jan. 1956. — Felsinger, J. M. v., L. Lasagna and H. K. Beecher: J. Amer. med. Ass. **157**, 1113 (1955). — J. clin. exp. Psychopath. **17**, 414 (1956). — Gaddum, J. H.: Proc. roy. Soc. **47**, 195 (1954). — Gravenstein, J. S., R. A. Devloo and H. K. Beecher: J. appl. Physiol. **7**, 119 (1954). — Hill, H. E., C. H. Kornetsky, H. G. Flanary and A. Wikler: J. clin. Invest. **31**, 473 (1952a). — Arch. Neurol. Psychiat. (Chicago) **67**, 612 (1952b). — Houde, R. W., and S. L. Wallenstein: Drug Addiction Narcotics Bull. 660 (1953). — Keats, A. S., H. K. Beecher and F. C. Mosteller: J. appl. Physiol. **1**, 35 (1950). — Kornetsky, C.: J. comp. physiol. Psychol. **47**, 130 (1954). — Lasagna, L.: J. Pharmacol. **111**, 9 (1954). — Lasagna, L., and H. K. Beecher: J. Amer. med. Ass. **156**, 230 (1954). — Lasagna, L., J. M. v. Felsinger and H. K. Beecher: J. Amer. med. Ass. **157**, 1006 (1955). — Lasagna, L., F. Mosteller, J. M. v. Felsinger and H. K. Beecher: Amer. J. Med. **16**, 770 (1954). — MacDonald, A. D.: Advanc. Sci. **11**, 212 (1954). — Malmo, R. B., and C. Shagass: Psychosom. Med. **11**, 9 (1949a). — Psychosom. Med. **11**, 25 (1949b). — Marshall, H. R.: Pain, Pleasure and Aesthetics. London: Macmillan 1894. — Smith, G. M., and H. K. Beecher: J. Pharmacol. exp. Ther. **126**, 50 (1959). — Stevens, S. S.: Science **127**, 383 (1958). — Strong, C. A.: Psychol. Rev. **2**, 329 (1895).

Weitere Erfahrungen mit der Beatmungsbronchoskopie

Von H. Blaha und W. Weber

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Frankfurt a. M. (Direktor: Prof. Dr. R. Geissendörfer) und aus dem Städt. Krankenhaus Bremen-Blumental (Chefarzt: Dr. Scheringer)

Die Bronchoskopie in Lokalanaesthesie wie auch die Bronchoskopie in Narkose haben ihre Vor- und Nachteile. Auch sind die Übergänge zwischen der Endoskopie in Lokalanaesthesie, etwa unter Zuhilfenahme von Barbituraten, zur Endoskopie in tiefer Äthernarkose fließend. Ebensowenig verlief die historische Entwicklung geradlinig. Aus den vielen Versuchen, gute Narkosebedingungen für die Bronchoskopie zu schaffen, geht hervor, daß es Fälle gibt, in denen die Allgemeinnarkose seit eh und je erwünscht gewesen wäre; bei den Kindern war sie die Regel. Seitdem kurz wirkende muskellähmende Substanzen zur Verfügung stehen, die auf Kreislauf und Bronchialmuskulatur keinen wesentlichen Einfluß ausüben, ist die Bronchoskopie in Narkose eine durchaus brauchbare Methode geworden.

1952 haben wir an der Spezial-Lungenklinik Hemer mit der Einführung der Beatmungsbronchoskopie begonnen und ein entsprechendes Instrumentarium entwickelt; 1953 haben wir über die ersten 100 Fälle berichtet. Voraussetzung für die Beatmungsbronchoskopie waren die relativ gefahrlose Reflexausschaltung und die Entspannung bei oberflächlicher Narkose, unter Verwendung eines geeigneten Instrumentariums, das eine ausreichende Sauerstoffzufuhr ermöglichte.

Inzwischen haben wir an der Spezial-Lungenklinik Hemer, am Städt. Krankenhaus Bremen-Blumental, am Twaitha Krankenhaus in Bagdad und an der Chirurgischen Universitätsklinik Frankfurt a. M. über 4500 Beatmungsbronchoskopien durchgeführt. Eine mindestens ebenso große Zahl weiterer Bronchoskopien ist mit unserem Instrumentarium und unserer Technik seit unserem Weggange von der Spezial-Lungenklinik Hemer (Chefarzt Doz. Dr. med. habil. Adelberger) durchgeführt worden. Unter regem Meinungsaustausch haben wir so eine gewisse praktische Erfahrung gewonnen, die als Ergänzung zu den ausgezeichneten physiologischen Untersuchungen, wie sie vor allem von Ulmer u. Mitarb. vorliegen, von Wert sein mag.

Zur Technik der Bronchoskopie

Wir benutzen zur Bronchoskopie ein einfaches Negusrohr, das proximal mit einem Anschlußstutzen und einer abnehmbaren Verschlußklappe versehen ist, so daß das Rohr gewissermaßen als Intubationstubus benutzt wird. Die Narkose wird nach entsprechender Prämedikation mit einem Thiobarbiturat bei einer Durchschnittsmenge von etwa einem halben Gramm eingeleitet. Unter Sauerstoffatmung folgt die Gabe von Succinylcholin[1], dessen Dosierung nach anaesthesiologischen Regeln und nach dem vorliegenden bronchologischen Problem vorgenommen wird. Es ist dabei von Bedeutung, ob die Untersuchung längere Zeit erfordern wird oder ob ein Blick genügt, ob zusätzliche Manipulationen wie Probeexcisionen, Tumorabtragungen oder Fadenentfernungen notwendig sind. Es wird also der zu erwartende Aufwand an Zeit und der Grad der notwendigen Erschlaffung abgeschätzt; auch das technische Problem, ob die Einführung leicht oder schwierig sein wird, ist mit in Rechnung zu stellen.

Bei der Auswahl des Bronchoskoprohres sind die Weite der Stimmritze und der Trachea zu berücksichtigen. Wir können um so besser beatmen, je dichter das Rohr in der Glottis schließt. Bei alten, kardiorespiratorisch gefährdeten Menschen nehmen wir ein möglichst dickes Rohr, weil hier die Stimmritze weit

[1] Succinyl-Asta.

ist, die Thoraxmotilität häufig eingeschränkt ist und weil der Gesamtaustausch ohnedies schwieriger vor sich geht. Die Verwendung großkalibriger Rohre bei Risikofällen ist wichtig. Die Notwendigkeit dicker Rohre stellt allerdings einen der Nachteile der Beatmungsbronchoskopie dar. Es ist bei diesen Risikofällen zweifellos zu überlegen, ob man nicht in Lokalanaesthesie bronchoskopiert oder nach dem Vorschlage von Ey, Schwab und Ulmer einen Tubus mit Manschette verwendet, so daß einwandfreie Beatmungsbedingungen entstehen. Die Abdichtung im Hypopharynx käme unter Umständen als Aushilfslösung in Betracht.

Nach Einführen des Rohres verschließen der 3., 4. und 5. Finger der linken Hand den Mund. Das Rohr wird zwischen Daumen und Zeigefinger geführt, die gleichzeitig Lippen und Zähne schützen. Ferner wird die Nase durch eine weiche Klemme verschlossen.

Zusätzlich zur Abdichtung in der Stimmritze kommt also die „äußere Abdichtung", aber auch diese ist nur unvollständig. Ein Vergleich der Thoraxexkursionen mit oder ohne diese „äußere Abdichtung" lehrt aber, daß die Ventilation dadurch besser wird. Wir sind uns allerdings darüber im klaren, daß es sich um ein Zwischending zwischen Insufflation und Beatmung handelt. Das Bronchoskop wird entfernt, wenn die Spontanatmung und der Hustenreflex zurückgekehrt sind. Danach wird der Patient aufgesetzt und zum Husten aufgefordert, um eine Aspiration, etwa nach einer Probeexcision, zu verhindern. Es sei darauf hingewiesen, daß sehr viele unserer Bronchoskopien ambulant durchgeführt wurden. Sie dauern übrigens kaum je länger als 10 min.

Indikationen zur Bronchoskopie

In der Thoraxchirurgie bedienen wir uns der Bronchoskopie zur Klärung der Diagnose, zur Entscheidung über die Operabilität und zur postoperativen Kontrolle und Erfolgsbeurteilung. Außerdem hat die Bronchoskopie eine therapeutische Aufgabe vor, während und nach der Operation, von der gelegentlichen Entfernung von Fremdkörpern, die unter falscher Diagnose auf chirurgische Abteilungen kommen, abgesehen. Auch die Einbringung von radioaktiven Substanzen ist zu erwähnen. Oft ist der makroskopische Befund bei Carcinomen oder Adenomen eindeutig. Wo immer möglich, wurde durch Probeexcision ein Beleg für das Gesehene gewonnen und durch die Auskunft über den Geschwulstcharakter die weitere Therapie festgelegt. Darüber hinaus ist die Lokalisation von Blut- und Eiterstraßen manchmal wertvoll. Auch die bakteriologische Untersuchung des Sekretes kann zur Rationalisierung der Antibiotica-Therapie beitragen. Zur Seitendifferenzierung bakteriologischer Befunde bietet ein Rohrwechsel während der Untersuchung einen gewissen Schutz davor, daß verschlepptes Material der ersten Seite noch einmal mituntersucht wird. Für wissenschaftlich einwandfrei durchgeführte Untersuchungen sind entsprechende Vorrichtungen zu empfehlen, um nur Material aus der Tiefe des Bronchialbaumes zu gewinnen.

Die Operabilitätsbeurteilung bei der Endoskopie stützt sich nicht nur auf die makroskopische oder histologische Feststellung von Veränderungen in nicht resezierbaren Bereichen oder auf die Feststellung, daß Lymphknotenabsiedelungen vorliegen, wie sie sich etwa durch Verbreiterung der Carina und Spreizung des Bifurkationswinkels kundtun, sondern auch die Motilität des Brustkorbs verdient Beachtung. Eine Art von Funktionsdiagnostik beginnt schon mit der Feststellung, wie lange es dauert, bis eine ausreichende Dosis eines Barbiturates im Gehirn ankommt. Hinweise auf die Operabilität geben auch der Grad des Entzündungszustandes im Bronchialbaum, sei er spezifisch oder unspezifisch. Auch bei vermeintlich peripher sitzenden Carcinomen beobachtet man gelegentlich ein Vordringen bis zur Carina oder ein Einwuchern in die Trachea. Bei einem Tuberkulosepatienten haben wir die Bronchoskopie bei eindeutigem röntgenologischem und klinischem Befund unterlassen. Der Patient ist jedoch ad exitum gekommen, weil er auf der Gegenseite eine erhebliche Stenose des Stammbronchus hatte. Es ist fernerhin auch selbstverständlich, daß ein Oesophaguscarcinom, wenn es seinem Sitze nach eine Verbindung mit der Trachea bzw. mit der Bifurkation haben kann, bronchoskopiert werden muß. In solchen Fällen führen wir die Bronchoskopie vor der Oesophagoskopie durch. Das Bronchoskop wird dann anschließend durch den Trachealtubus ersetzt und die Oesophagoskopie in Intubationsnarkose durchgeführt.

Während und nach der Narkose ist das Bronchoskop schon deshalb nützlich, um zweifelhafte Bronchialverschlüsse und Stenosebildungen zu kontrollieren und um Fremdkörper oder Sekret festzustellen und abzusaugen. Wir erinnern uns an Fälle, bei denen weiches Tumorgewebe auf die Gegenseite übertrat; auch an einen Fall, bei dem die Wand einer Echinokokkencyste zur Verlegung des gegenseitigen Stammbronchus führte. Die Bronchoskopie war hier lebensrettend. Postoperativ dient die endoskopische Untersuchung weiterhin vor allem zur Kontrolle der Bronchialnähte. Stumpfgranulome, feine Fistelbildungen, Eitertaschen, spezifische Entzündungen im Stumpfbereich und lokale Carcinomrezidive sind nur bronchoskopisch diagnostizierbar.

Die Beziehungen zwischen Bronchoskopie und Kollapstherapie erstrecken sich nicht nur auf die Kontrolle des Bronchialbaumes vor diesen Maßnahmen. Wir haben Lungen, die durch eine extrapleurale Pneumolyse oder Thorakoplastik zum Kollaps gebracht worden waren, eine Zeitlang systematisch kontrolliert und dabei häufig Folgen der künstlichen Stenosierung größerer Bronchien gefunden. In manchen Fällen wurde die Verschlechterung des klinischen Bildes nach einer extrapleuralen Pneumolyse oder einer Thorakoplastik dadurch geklärt. Insbesondere nach extrapleuralen Pneumolysen sind „orifizielle Entzündungen" gar nicht so selten. Oft ist es interessant zu sehen, wie nach der Füllung der Hustenreiz zunimmt, um unter zunehmender Wiederausdehnung der Lunge und Aushusten von Schleim und Eiter zu verschwinden. Unlängst haben wir eine Bronchoskopie 10 Jahre nach einer Thorakoplastik vorgenommen. Die Probeexcision ergab eine floride Endobronchitis im Bereich des superioren Unterlappensegmentes; die einzige Erklärung für ein immer noch positives Sputum bei sonst gutem Lungenbefund. So werden manche Befunde nach Kollapsoperationen erst durch die Endoskopie verständlich.

Seltene, aber praktisch außerordentlich wichtige Indikationen für die Bronchoskopie stellen Thoraxtraumen dar. Die rechtzeitige Feststellung einer

Bronchusruptur kann über Leben oder Tod entscheiden; die rechtzeitige Versorgung bedeutet oft die Erhaltung eines ganzen Lungenflügels.

So haben wir eine Bronchusruptur des linken Stammbronchus, nahe der Lappenaufteilung, am 2. Tag nach dem Unfall bei oberflächlicher Anaesthesie des Hypopharynx und nach Injektion von einigen Tropfen Pantocain durch das Ligamentum cricothyreoideum bei dem im Bett sitzenden Patienten diagnostiziert. Bei einem zweiten Patienten, der in Bremen-Blumental operiert worden war (Dr. Scheringer) ließ sich während der Thorakotomie durch das Bronchoskop der Einriß des rechten Stammbronchus ermitteln. Der erste Fall mußte pneumonektomiert werden (Prof. Dr. Ungeheuer), nachdem die Lunge hinter dem Abriß vereitert war. Im zweiten Fall ist der Bronchusriß von selbst wieder zusammengewachsen, unter Hinterlassung einer mäßigen Stenose, wie die Kontrolle einige Monate später zeigte.

Wenn wir aus therapeutischen Gründen bald nach der Operation eine Bronchoskopie vornehmen, dann genügt uns meistens die Anaesthesie des Hypopharynx, vor allem wenn es darum geht, nur Sekret abzusaugen. Fremdkörperentfernungen sind für den Thoraxchirurgen eine Ausnahme; auch die präoperative Säuberung des Bronchialbaumes geschieht besser durch Physiotherapie. Die Behandlung spezifischer Erkrankungen des Bronchialbaumes ist mit der „globalen" chemotherapeutischen Behandlung der Tuberkulose zurückgegangen. Die Feststellung tuberkulöser Veränderungen des Bronchialbaumes ist neben differentialdiagnostischen Erwägungen dann wichtig, wenn hinter der tuberkulösen Entzündung des Bronchialbaumes Parenchymveränderungen vorhanden sind oder entstehen können. So sind die Aufgaben der Bronchoskopie weit gesteckt: Als Voraussetzung für die Therapie, als selbständiger therapeutischer Eingriff und zur Kontrolle therapeutischer Maßnahmen ist sie oft durch nichts anderes zu ersetzen. Es sei hier außerdem an die Kontrolluntersuchungen nach Strahlenbehandlung von Bronchialcarcinomen erinnert, bei denen wir in einer gewissen Zahl von Fällen den Ersatz von Krebsgewebe durch straffes Narbengewebe beobachtet haben.

Zur Kritik der Beatmungsbronchoskopie

Bei Besprechung der Komplikationen der Beatmungsbronchoskopie müssen wir uns vor Augen halten, daß das Vorliegen eines kardiorespiratorischen Risikos bei den zur Bronchoskopie kommenden Patienten eher die Regel als die Ausnahme darstellt; vermuten wir doch, wenn wir die Indikation zur Bronchoskopie stellen, eine Erkrankung der Lungen oder der Luftwege. Das besondere Risiko der Beatmungsbronchoskopie stellen die Beatmung und die Narkose dar. Das „traumatische Risiko", d. h. Verletzungen und Schädigungen durch das Bronchoskoprohr und die weiteren Folgen des endobronchialen Eingriffes, wie Aspiration und Streuung, seien hier außer acht gelassen. Bei sachgemäßer Indikation und Technik sind diese Zufälle vermeidbar. Die spezielle Gefahr liegt vielmehr in den unphysiologischen „Beatmungs"-Bedingungen. Es ist an dieser Stelle wichtig, festzustellen, daß wir bei der großen Zahl unserer Bronchoskopien keinen Fall gesehen haben, bei dem nach der Bronchoskopie eine Herzschädigung, eine Hirnschädigung oder ein vasculärer Zwischenfall eingetreten wäre. Zwar wurden natürlich nicht alle Fälle elektrokardiographisch oder psychiatrisch-neurologisch nachuntersucht, aber auch bei Fällen mit vorübergehender Cyanose oder mit auffälliger Bradykardie, erheblicher Blutdrucksteigerung oder mit ausgeprägten Arrhythmien während der Untersuchung sind Spätschädigungen nicht zur Beobachtung gelangt.

Wir hatten 2 Fälle von verlängerter Apnoe und verlängerter Narkose, die entweder pharmakologisch oder als temporär anoxisch-hyperkapnischer Schaden zu erklären sind:

Der 1. Fall war in unserem Bericht von 1953 erwähnt. Beim 2. Fall handelte es sich um ein 5jähriges Kind, das 1 Std lang nach der Intubation beatmet werden mußte, bis die Spontanatmung wiederkehrte.

Wir hatten außerdem 2 Todesfälle zu verzeichnen. Bei dem einen Fall handelte es sich um eine 23jährige Patientin, die seit einem halben Jahr in fachärztlicher Behandlung wegen Blutbeimengungen im Auswurf und Kratzen im Halse stand. Sie war wiederholt mit dem Kehlkopfspiegel untersucht worden. Bei der Bronchoskopie fand sich ein kleines Papillom an der Hinterwand der Trachea, etwa 2 cm unter der Stimmritze. Bei einem verdächtigen röntgenologischen Befund im Bereich des linken Hilus, vielleicht einer alten Aspiration, war zur Fortsetzung der Bronchoskopie gedrängt worden. Eine geringe Blutung aus dem Papillom stand bei Beendigung der Untersuchung. Am Abend des Untersuchungstages kam die Patientin an einer massiven Hämoptoe ad exitum. Der Todesfall kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in Zusammenhang mit der Untersuchung stehen. Er steht jedoch sicherlich nicht in Zusammenhang mit der speziellen Technik der Beatmungsbronchoskopie in Narkose.

Im 2. Fall handelte es sich um einen etwa 80jährigen Patienten, der aus einem Wüstendorf nach Bagdad zur Untersuchung gebracht worden war. Die Röntgenaufnahme zeigte eine Totalverschattung der linken Thoraxhälfte. Der Allgemeinzustand war schlecht. In Einvernehmen mit einem einheimischen Arzt war die Narkose mit 0,2 g Thiobarbiturat eingeleitet und die Apnoe mit 15 mg Succinylcholin herbeigeführt worden. Das Bronchoskop wurde durch einen Trachealtubus ersetzt. Zwischendurch ging der Sauerstoff zur Neige und es kam zu einer kurzen anoxischen Periode. Der Patient kam 8 Std nach Beginn der Untersuchung unter den Zeichen cerebraler Schädigung ad exitum. Die Untersuchung war auf Wunsch des behandelnden Arztes unter ungenügenden Voraussetzungen bei einem Patienten vorgenommen worden, der auf Grund seines Allgemeinzustandes und wegen des kardiorespiratorischen Risikos für die Beatmungsbronchoskopie nicht geeignet war.

Einwände gegen die Beatmungsbronchoskopie

Die Einwände gegen die Beatmungsbronchoskopie richten sich gegen das allgemeine Narkoserisiko, gegen das zusätzliche Risiko der Atemlähmung und darüber hinaus gegen die anfechtbaren Beatmungsbedingungen, die eine Hypoxie und eine Hyperkapnie zur Folge haben können. Diese pathophysiologischen Zustände ungenügender Beatmung sind in der Arbeit von Ey et al. eindeutig klargelegt worden. Wir haben auch gesehen, daß ein Zusammentreffen ungünstiger Momente die Berechtigung dieser Einwände unterstreicht. Wir müssen allerdings aus der Literatur jene Berichte als nicht zutreffend herausnehmen, die sich mit der Insufflationsbronchoskopie befassen, wie z. B. die Arbeiten von Holzer, Chott und König et al. Nur für diese Insufflationsbedingungen gelten die dort gemachten weitgehenden Einschränkungen. Unser, der Beatmungsbronchoskopie zur Last zu legender Todesfall ist auf menschliches Versagen, auf eine nicht sachgemäße Indikation und auf eine unzureichende Ausrüstung zurückzuführen. Bei über 4000 Narkosebronchoskopien haben wir sonst keine bleibenden Schäden gesehen. Dabei waren verminderte Ventilationsgrößen, Beeinträchtigung der Diffusion und Zirkulation, EKG-Veränderungen, wie absolute Arrhythmien

oder ein Schenkelblock schon vor der Untersuchung keineswegs seltene Befunde. Ein chronisches Cor pulmonale mußte klinisch in einem nennenswerten Prozentsatz dieser Fälle angenommen werden. Die bei der Untersuchung auftretenden Irregularitäten des Herzschlages sind wohl nur zum Teil den speziellen Verhältnissen der Narkosebronchoskopie zuzuschreiben (Opderbecke et al.), sie stellen also nur zum Teil einen Ausdruck der veränderten Physiologie dar. Ein mechanisches Moment spielt sicherlich auch eine gewisse Rolle.

Die Versorgung mit Sauerstoff während der Bronchoskopie ist ausreichend, wie das Aussehen des Patienten zeigt. Die Untersuchungen von Chott hierzu erscheinen uns nicht ganz stichhaltig, denn sie sind an Hand von Untersuchungen mit anderem Instrumentarium und bei Insufflation gemacht worden. Nach Opderbecke et al. ist die O_2-Versorgung während der Beatmungsbronchoskopie „optimal". Eickhoff und Nolte fanden ohne Beatmungsrohr bei Bronchoskopien bis zu 45 min Dauer keine Zeichen des O_2-Mangels. Der Sauerstoffmangel spielt nur dann eine Rolle, wenn technische Schwierigkeiten bei der Einführung des Rohres bestehen, wenn kein zweckmäßiges Bronchoskop zur Verfügung steht oder wenn dieses zu früh entfernt wird. So ist die Hypoxie eine Frage der Ausrüstung, des technischen Geschicks und der fehlerfreien Vorbereitung. Es liegt also in unserer Macht, diesen Gefahren zu begegnen.

Dagegen sind wir unter den gegenwärtigen Voraussetzungen in allen Fällen anscheinend nicht in der Lage, einen Anstieg der Kohlensäure im Blut und in der Alveolarluft zu vermeiden (Opderbecke et al., Eickhoff et al., Barth, Ey et al.). Es entwickelt sich eine respiratorische Acidose, die ganz erhebliche Grade annehmen kann.

Ähnlich wie mit den Veränderungen des Herzrhythmus verhält es sich wahrscheinlich mit der Steigerung des Blutdruckes. Dieser ist nur zum Teil der Pathophysiologie der Atmung und dem Kohlensäureanstieg im Blut zuzuschreiben, zum anderen Teil auch lokalen Irritationen. Die Narkose ist dabei sehr oberflächlich und wir schalten wohl nur den efferenten Teil der Reflexbahnen aus, wenn wir Succinylcholin geben. Nach den Untersuchungen von Eickhoff et al. finden sich hier erhebliche Kreislaufveränderungen, die sich in der Zunahme des elastischen Widerstandes, des peripheren Widerstandes, des Schlagvolumens und der Herzfrequenz äußern. Diese Autoren deuten ihre Befunde mehr als reflektorisch bedingt, denn als Folgen einer Hypoxämie bzw. Hyperkapnie.

Das von Iselin et al. genannte hohe allgemeine Narkose- und Relaxationsrisiko trifft jedenfalls für die heutigen Verhältnisse nicht mehr zu.

Die Beatmungsbronchoskopie stellt zweifelsohne eine Kompromißlösung dar, denn die Ventilation durch das Bronchoskop ist nicht mit jener durch einen gut sitzenden Trachealtubus zu vergleichen. Wir untersuchen außerdem einseitig und beatmen damit die andere Thoraxhälfte nur in beschränktem Umfange. Das Problem der Kohlensäureeliminierung bei der von uns geübten Technik bleibt dabei bestehen. Auch die Reflexausschaltung ist nur so weit gelöst, als gute Untersuchungsbedingungen geschaffen werden; die autonomen Reflexe bleiben wahrscheinlich bei der sehr oberflächlichen Narkose weiter bestehen.

Versuch des Abgleiches zwischen Vor- und Nachteilen der Beatmungsbronchoskopie und der Bronchoskopie in Lokalanaesthesie

Die Beatmungsbronchoskopie in der von uns geübten Form stellt einen Kompromiß zwischen einer verhältnismäßig einfachen Durchführung mit relativ einfachem Instrumentarium und Konzessionen an physiologisch vertretbare Verhältnisse dar. Abdichtung des Bronchoskoprohres in der Trachea, Ausstopfen des Pharynx und „zweistufige Bronchoskopie", wobei das Untersuchungsbronchoskop in einer dicht sitzenden Vorrichtung gleitet, waren 1952/53 von uns überlegt worden. Wir hatten diese Überlegungen dann fallen gelassen, weil wir keine wesentlichen Zwischenfälle mit einfacheren Vorrichtungen gesehen hatten. Es handelt sich gewöhnlich um einen Zeitraum von Sekunden, ein Bronchoskop herauszuziehen und einen Trachealtubus dafür einzuführen. Man muß nur wissen, daß die Beatmungsbronchoskopie in der geschilderten Form keine Beatmungsmethode darstellt, die über längere Zeit physiologische Bedingungen aufrechterhalten kann. Die „längere Zeit" ist ein unscharfer Begriff, weil die zur Untersuchung kommenden Patienten verschieden lange Untersuchungszeiten vertragen. „Wie lange" ist also eine Frage der klinischen Schätzung, die klinische Erfahrung und Fingerspitzengefühl voraussetzt. Daß sich die atmungsphysiologischen Verhältnisse gelegentlich an der Grenze des noch vertretbaren bewegen, stellt den eigentlichen Einwand und den eigentlichen Nachteil der Beatmungsbronchoskopie dar. Dieser Einwand wird großenteils aufgehoben durch die klinische Erfahrungstatsache, daß bei mehreren tausend Bronchoskopien kein Zwischenfall eingetreten ist, welcher der Methode zur Last zu legen wäre. Die aufgeführten Zwischenfälle sind, wie bereits dargelegt, Folgen menschlicher Irrtümer (sie liegen auch schon einige Zeit zurück).

Das sonstige Für und Wider ist des langen und breiten in früheren Arbeiten abgehandelt worden. Bark berichtet aus eigener Erfahrung wie unangenehm eine Bronchoskopie in Lokalanaesthesie ist. Der Muskelkater, der nach Succinylcholin auftritt, kann durch eine Prostigmingabe einige Zeit nach der Bronchoskopie gemildert werden. Daß der Aufwand bei der Beatmungsbronchoskopie etwas größer ist als bei der Bronchoskopie in Lokalanaesthesie, ist eher ein Glück als ein Unglück. Die „Traumatisierung" des Bronchialbaumes ist bei einem relaxierten Menschen sicher geringer. Es läßt sich hier, wie in vielen anderen Punkten, das Für und Wider der Beatmungsbronchoskopie und der Bronchoskopie in Lokalanaesthesie gegeneinander aufwiegen: Man denkt im allgemeinen beim narkotisierten und relaxierten Patienten nicht daran, daß die extreme Verdrehung des Kopfes und die Streckung des Bronchialbaumes, um beispielsweise den linken Oberlappenbronchus direkt einsehen zu können, nachher Schmerzen bereiten könnten. Auf der anderen Seite kann beim Patienten in Lokalanaesthesie bei plötzlicher Bewegung und Hustenstößen mehr passieren. Wir haben bei unseren Bronchoskopien allerdings nie einen „traumatischen Zwischenfall", wie etwa einen Bronchusriß, erlebt. Daß die Aspirationsgefahr in Narkose größer sein könnte, ist durchaus vorstellbar, wenn die Probeexcision lange vor dem Aufwachen des Patienten erfolgt. Wir warten mit der

Probeexcision immer, bis wir annehmen können, daß der Patient in den nächsten Minuten aufwacht und das Blut abhusten kann. In Lokalanaesthesie ist der Hustenreflex längere Zeit aufgehoben. Die Zeitnot spielt bei der Narkosebronchoskopie gelegentlich eine Rolle, vor allem, wenn das Einführen des Rohres schwierig ist. Es können dabei recht unangenehme Situationen entstehen, besonders dann, wenn man jemand anlernen will. Das ist aber auch bei der Bronchoskopie in Lokalanaesthesie nicht ganz einfach. Wir möchten annehmen, daß es besser ist, die Bronchoskopie das eine oder andere Mal in Lokalanaesthesie durchzuführen, bevor man zur Beatmungsbronchoskopie übergeht. Ein Anaesthesist sollte eigentlich stets dabei sein oder der die Endoskopie Ausführende sollte zumindest in der Lage sein, eine endotracheale Anaesthesie durchzuführen. Im ganzen sind wir davon überzeugt, daß man mit der Beatmungsbronchoskopie mehr sieht, daß man die Probeexcision besser gezielt ausführen kann und daß man insgesamt ein genaueres Bild gewinnt. Der Einwand, daß man die Motilität nicht beurteilen könne, ist nicht recht stichhaltig. Aus guten Tomogrammen lassen sich diese extrabronchialen Veränderungen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit vorhersagen. Beweis hierfür sind viele Fälle, die wir bronchoskopiert und dann auch operiert haben. Der endobronchiale Befund muß eindeutig sein, denn wir können ihn nachher, während der Operation, nicht mehr beurteilen. Was außerhalb der Bronchien liegt, können wir bei der Operation sehen und tasten.

Für den Patienten ist die Untersuchung in Allgemeinnarkose wahrscheinlich angenehmer, aber auch für den Untersucher, wenn er über entsprechend eingearbeitete Hilfskräfte verfügt. Die Untersuchung nimmt damit zweifellos nicht so viel Zeit in Anspruch, der Untersucher braucht sich nicht anspucken und anhusten zu lassen, auch kann er seinen Patienten am nächsten Tag unbefangener gegenübertreten.

Ein Nachteil der Narkosebronchoskopie ist vielleicht, daß die Kunst des Bronchoskopierens „mit leichter Hand" verloren gehen kann. Es gibt hervorragende Endoskopisten, welche Narkose und Relaxation für einen unnötigen Aufwand halten, vielleicht auch deshalb, weil die Inanspruchnahme dieser Hilfsmittel ein wenig gegen ihren Handwerksstolz verstößt. Daher bevorzugen offenbar vor allem die Thoraxchirurgen die Beatmungsbronchoskopie. Sie verfügten bezüglich der Bronchoskopie über keine Tradition und hatten außerdem die Technik der Endotrachealnarkose zur Hand. Insgesamt glauben wir nicht, daß in geübten Händen und bei Berücksichtigung aller Kautelen die Beatmungsbronchoskopie gefährlicher ist als die Bronchoskopie in Lokalanaesthesie. Man wird darüber allerdings wohl kaum je ein klares Bild gewinnen können. Wir haben bei Besuchen in anderen Kliniken des In- und Auslandes von Todesfällen in Lokalanaesthesie gehört und auch solche miterlebt; doch lassen sich diese letzten Endes genau so wenig in toto erfassen, wie etwa alle Todesfälle bei der Beatmungsbronchoskopie.

Im übrigen handelt es sich eigentlich auch gar nicht um ein Entweder-Oder; denn wir bedienen uns der Lokalanaesthesie in ausgewählten Fällen ebenso selbstverständlich, wie Anhänger der Lokalanaesthesie hin und wieder auch in Narkose bronchoskopieren. Jedenfalls glauben wir dargelegt zu haben, daß die Beatmungsbronchoskopie eine Methode darstellt, die heute eine gewisse Bewährung hinter sich hat. Zweifellos hat auch diese Methode ihre Mängel; doch je besser man diese kennt, desto weniger treten sie in Erscheinung. Mit einem vernünftigen Kompromiß kommt man oft besser voran, als mit einer umständlichen Ideallösung. Man sollte sich nur bewußt sein, daß es sich dabei eben um einen Kompromiß handelt.

Summary. A report is given about further experiences with bronchoscopies under general anaesthesia and muscle relaxation. Since 1952 4500 bronchoscopies have been performed in this way. Two patients died in connection with the examination, one of them due to causes not related to the special conditions of relaxation and anaesthesia. A discussion of the arguments for and against general anaesthesia follows. The unphysiological conditions of gas exchange are the main handicap. The authors come to the conclusion that general anaesthesia is probably just as safe as local anaesthesia, furthermore it is liked better by the patients, and there is good reason to assume that it yields better diagnostic results.

Literatur. Adelberger, L., u. H. Blaha: Dtsch. med. Wschr. **80**, 743 (1955). — Bark, J.: Anesthesia In Endobronchial Investigations. III. Intern. Congr. of Bronchoesophagology, Lissabon 1954. W. C. Dornan, Collingdale, Pennsylvania, USA. — Bronchoscopy and Bronchography Under General Anesthesia. Proceedings World Congr. of Anesthesiology, Scheveningen 1955. — Barth, L.: Thoraxchirurgie **2**, 23 (1954). — Blaha, H.: Fortschr. Röntgenstr. **76**, 5 (1952). — Schichtbilder von Bronchialveränderungen bei der Lungentuberkulose. Stuttgart: Georg Thieme 1954. — Tuberk.-Arzt **7**, 337 (1953). — Correll, jr. N. O., K. C. Johnston, H. T. Langston and R. H. Hubble: J. thorac. Surg. **37**, 367 (1959). — Ey, W., W. Schwab u. W. Ulmer: Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. **151**. — Friedel, H.: Dtsch. Gesundh.-Wes. **11**, 181, 221 (1956). — Greven, H.: Z. Laryng. Rhinol. **32**, 1 (1953). — Holmdahl, M. H.: Pulmonary Uptake of Oxygen, Acid-Base Metabolism, And Circulation During Prolonged Apnoea. Uppsala: Appel-bergs Boktryckeri AB 1956. — Holzer, H.: Wien. med. Wschr. **1952**, 112. — Irmer, W., F. H. Koss u. H. Pohl: Anaesthesist **1**, 100 (1952). — Jacoby, Ove: Ugeskr. Laeg. **1951**, 520. — Kerinnes, C.: Z. ärztl. Fortbild. **48**, 1 (1954). — König, G. u. I.: Tuberk.-Arzt **10**, 303 (1956). — Zbl. ges. Tuberk.-Forsch. **74**, 107 (1957). — König, G. u. I., u. H. Sighart: Wien. klin. Wschr. **1955**, 428. — Lechtenbörger, H., H. V. Valentin, H. Venrath, G. Frühmann, I. S. Oezzoy, H. Steinforth, Th. Schmitz u. H. Griesemann: Thoraxchirurgie **2**, 250 (1954). — Lees, A. W., and W. McNaught: Lancet **1959II**, 1112, 1115. — Lemoine, J. M., et J. Patterson: Bronches **6**, 395 (1956). — Lüscher, E., u. W. Hügin: Schweiz. med. Wschr. **27**, 733 (1954). — Mündnich, K.: Diskussionsbemerkungen. Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. **161**, 303 (1952). — Anaesthesist **6**, 271 (1957). — Opderbecke, H. W., W. Maassen u. W. D. Müller: Anaesthesist **5**, 82 (1956). — Peschke, J., M. Kreetz u. H. Weber: Beitr. Klin. Tuberk. **116**, 207 (1956). — Quarz, W.: Z. Tuberk. **108**, 93 (1956). — Rabe, P.,: Medizinische **1952**, 39, 1233. — Reinike, A.: Z. Laryng. Rhinol. **33**, 1 (1954). — Reitmann, J. S.: J. Amer. med. Ass. **165**, 943 (1957). — Riecker, O. E.: Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. **161**, 1 (1952). — Schoemperlen, C. B.: Dis. Chest. **33**, 617 (1958). — Sighart, H., u. G. Denk: Wien. Z. inn. Med. **34**, 78 (1953). — Ulmer, W.: Persönliche Mitteilungen. — Wagner, H. H.: Dtsch. med. J. **7**, 580 (1956).

Pleuraler Sog und endotrachealer Druck im Vergleich zur Lungendurchblutung

Von A. MÜLLER und W. DEBRUNNER

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Bern (Direktor: Prof. Dr. K. LENGGENHAGER)

Mit 9 Textabbildungen

I. Einleitung

Naturgemäß unterliegt die Erforschung des Lungenkreislaufes größeren Schwierigkeiten als die des großen Kreislaufes. Die Notwendigkeit eines chirurgischen Eingriffes und damit einer Änderung der intrathorakalen Druckverhältnisse führte zu Ergebnissen, die je nach angewandter Methode stark divergierten[12] und infolgedessen zu jahrzehntelangen Kontroversen. Die Katheterisierung des Herzens und der großen intrathorakalen Gefäße bot neue Möglichkeiten der Untersuchungsmethodik, aber noch heute existieren hinsichtlich der Natur der intrathorakalen hämodynamischen Verhältnisse keine eindeutigen Anschauungen[17, 33].

Ein altes, aber mit der Entwicklung der endotrachealen Druckbeatmung neu gestelltes Problem des Lungenkreislaufes ist die Frage nach dem Verhältnis des Widerstandes in der Lungenstrombahn in bezug auf einen bestimmten Blähungsgrad der Lunge. Zur Klärung der rein mechanischen Faktoren dieses Problems eignet sich sehr gut die künstliche Durchströmung einer frisch entnommenen Lunge. Die *Methode*, zu der wir von Prof. LENGGENHAGER angeregt wurden, ist schon alt.

ALBRECHT VON HALLER[15] war der erste, der eine isolierte Lunge mit einer gefärbten Flüssigkeit durchspülte. Er fand eine bessere Durchströmung der entfalteten als der kollabierten Lunge. Anderer Ansicht war POISEUILLE[34], der 100 Jahre später auf gleiche Weise experimentierte und bei der geblähten Lunge eine längere Durchblutungszeit als bei der kollabierten feststellte. Daraufhin häuften sich diesbezügliche Experimente. QUINCKE und PFEIFFER[35] unterschieden erstmals verschiedene Strömungsverhältnisse je nachdem, ob die Erweiterung der Lunge durch Druck in die Trachea oder durch negativen Druck auf die Pleura verursacht werde und fanden eine bessere Durchblutung im letzteren Fall. Aus der Überlegung, daß sich der negative Druck auch auf rechtes Herz und Pulmonalarterie auswirke, blieben sie, wie auch FUNKE und LATSCHENBERGER[14], bei der Ansicht POISEUILLES. Zu gleichen experimentellen Ergebnissen mit anderer Interpretation kamen ZUNTZ[49] und DE JAGER[22]. Diese nehmen an, daß sich der intrathorakale Sog nicht im gleichen Maße auf rechtes Herz und Pulmonalarterie auswirke wie auf die dünnwandigen Pulmonalvenen und daß deshalb die bei der durch *Sog* bewerkstelligten Lungenblähung gefundenen Resultate den Verhältnissen in vivo nahe kämen.

Neue Nahrung erhielt die Kontroverse 1904, als SAUERBRUCH[38–40] seine Kammer „zur Ausschaltung der schädlichen Wirkung des Pneumothorax bei intrathorakalen Operationen" schuf. Angeregt durch SACKUR[37] vermutete er, daß die kollabierte Lunge den größeren Teil des Lungenblutstromes aufnehme und ihn dem linken Herz unarterialisiert zurückgebe. SAUERBRUCH schien die Schaffung eines Unterdruckraumes der einzige gangbare Weg, um den Lungenkollaps zu verhindern. Kaum hatte er sein Verfahren publiziert, als BRAUER[5] den Gedanken umkehrte und die Verhinderung des Lungenkollapses statt durch Unterdruck auf die Pleura durch Überdruck auf den Bronchialbaum erreichte. Er bemerkte dazu, daß bei beiden Verfahren nach Eröffnung des Thorax die Lungenelastizität auf einem Luftpolster des Lungeninnenraumes laste, das den höheren Druck aufweise als die Luft über der Pleura. Ob nun diese Druckdifferenz 768—760 oder 760—752 mm Hg laute, sei prinzipiell und praktisch vollkommen gleichgültig. Daß er damit, wenigstens für praktische Belange, recht hatte, wurde später bewiesen[41], aber vorerst wickelte sich um die Unter- und Überdruckmethode eine heftige Kontroverse ab[10, 24, 25, 41, 43–45], bis schließendlich SAUERBRUCH selbst mit Vorbehalten dem Unterschied der beiden Methoden keine praktische Bedeutung mehr beimaß[40].

Damit war der Streit für die Chirurgen beigelegt, nicht aber für die Physiologen. CLOETTA[6] entwickelte eine plethysmographische Methode zur Messung der Lungendurchblutung, und weil die kollabierte Lunge als Ganzes größere Pulsationen zeigte als die durch Sog entfaltete, folgerte er daraus eine bessere Durchströmung der ersteren. Die gegenteilige Ansicht wurde von immer mehr Autoren verfochten[1, 12, 19, 23, 26, 29, 42, 46], und einzig WAGNER[47] vertritt in neuerer Zeit den Standpunkt, daß die exspiratorische Lungenstellung den Blutstrom begünstige, weil er bei Versuchen an Kaninchen einen inspiratorischen Druckanstieg in der Pulmonalarterie beobachtete und auf Widerstandserhöhung zurückführte. Dies wird aber von v. EULER[11] bestritten, und die jüngsten von MACKLIN[27] an der isolierten Lunge durchgeführten Versuche ergeben eine Widerstandsverminderung bei Lungendehnung, ein Resultat, das vom Anatomen v. HAYEK[16] auf Grund histologischer Untersuchungen gefordert wird. In diesem Zusammenhang grundlegend und methodisch interessant sind die Untersuchungen von MALONEY und WHITTENBERGER[28] über die Druckatmung.

II. Zu den intrathorakalen Druckverhältnissen

A. Natürliche Ventilation

Seit DONDERS[9] wissen wir, daß zwischen Pleura parietalis und visceralis ein geringerer Druck herrscht als auf der Körperoberfläche. Dieser Unterdruck entspricht der elastischen, hiluswärts gerichteten Retraktionskraft der Lunge. Bei der inspiratorischen Erweiterung des Thoraxraumes nimmt die Druckdifferenz zu. Das führt zu einem Ansog von Blut aus den extrathorakalen Venen. Auf die V. cava caudalis wirkt zusätzlich die Druckerhöhung im Abdomen durch die Abwärtsbewegung des Zwerchfells. Diese beiden Faktoren bewirken also einen gesteigerten Rückfluß zum rechten Herzen und damit eine Vergrößerung des Schlagvolumens, was sich im Sinne einer Blutdrucksteigerung im kleinen Kreislauf auswirkt[12, 32, 33]. Nun summiert sich aber der negative Druck im Thorax zum Blutdruck im kleinen Kreislauf, d. h. die Verminderung des Druckes während der Inspiration wird auch den Druck im kleinen Kreislauf herabsetzen. Mit guter Begründung darf man annehmen, daß sich die Druckverminderung stärker auf den venösen Anteil des Lungenkreislaufes geltend macht, da hier die Gefäßwände dünner sind[22] und das Perikard einen Teil des Soges vor dem Herzmuskel abfängt[7].

Ob sich die Gefäße des kleinen Kreislaufes im inspiratorischen Sog erweitern und damit zu einer weiteren Blutdrucksenkung führen, ist mit ein Gegenstand unserer Untersuchungen. Im allgemeinen wird heute diese Frage bejahend beantwortet[12, 16, 27].

Wir haben also Faktoren, die eine inspiratorische Druckerhöhung im kleinen Kreislauf verursachen und solche, die den Druck vermindern. Die durch Gefäßkatheterisierung leicht nachweisbare Resultante ist eine geringfügige inspiratorische Druckerhöhung[11, 33].

B. Künstliche Ventilation durch Druckbeatmung

1. Thorax eröffnet. Hier haben wir die von BRAUER[5] beschriebenen Verhältnisse: Atmosphärendruck über der Pleura, im Bronchialbaum diesen plus denjenigen Druck, den es braucht, um die Lungenelastizität zu überwinden und der gleich ist der Größe des negativen

intrathorakalen Druckes bei geschlossenem Thorax. Die Druckdifferenz zwischen Pleural- und Bronchialraum ist also dieselbe wie bei natürlicher Atmung, es hat sich lediglich der „Barometerstand" über der Lunge geändert. Infolgedessen fällt nur der Blutansog aus den extrathorakalen Venen weg, die übrigen Faktoren bleiben (nach BRAUER) unberührt. Ob nicht der umgekehrte Mechanismus bei der Lungenblähung (nämlich Inspiration durch Druckerhöhung im Lungeninnenraum bei konstantem Druck auf der Pleura statt durch Druckerniedrigung über der Pleura wie bei der natürlichen Inspiration) einen Einfluß auf das Lungengefäßsystem ausübt, wird später diskutiert.

2. Thorax geschlossen. Zur Bewerkstelligung einer Inspiration bei geschlossenem Thorax muß der auf die Lungeninnenfläche gegebene Druck nicht nur die Lungenelastizität überwinden, sondern zusätzlich den Thoraxraum dehnen. Der Druck ist also gleich der Lungenelastizität plus der Kraft der Inspirationsmuskulatur, die er zu ersetzen hat, d.h. er ist um die letztere größer als bei Beatmung bei breit eröffnetem Thorax. Dabei liegt das Lungengewebe wie ein Polster zwischen dem entfaltenden Druck im Bronchioalveolarraum einerseits und der zu dehnenden Thoraxwand und dem Zwerchfell andererseits, was zwangsläufig zu einer Kompression des Lungengewebes führen muß. Da aber der Lungenkreislauf durch Tricuspidalklappe und den über dem Beatmungsdruck liegenden Aortendruck in sich abgeschlossen ist[18] und der Beatmungsdruck sich auch auf das Gefäßsystem auswirkt, wird diese Druckausübung den Blutdruck in den Lungengefäßen ohne Kompression derselben auf ein höheres Niveau heben, was durch Katheterisierung und gleichzeitigen Valsalvaschen Versuch bestätigt wurde[4]. Unter den Bedingungen des Valsalvaschen Versuches ist der venöse Rückfluß einzig durch die Bauchpresse gewährleistet[4]. Fällt diese weg, wie wir das ganz ideal beim unter Curare stehenden Laparatomierten haben, so kann durch genügenden Beatmungsdruck der ganze Kreislauf vor dem rechten Herzen coupiert werden, und der arterielle Blutdruck sinkt auf Null. Dieses Phänomen ist tatsächlich beim Hund, dessen Blutdruck mittels eingebauter Femoraliskanüle direkt sichtbar gemacht ist, jederzeit reproduzierbar. Bei Loslassen des Druckes auf den Lungeninnenraum steigt der Blutdruck innert Sekunden auf den normalen Wert.

Zusammenfassend können wir folgern, daß Druckbeatmung bei geschlossenem Thorax den Lungenkreislauf hauptsächlich auf dem Weg der Einflußdrosselung beeinflußt.

III. Eigene Versuche

a) Absicht. Unser Ziel bestand darin, an Hand von Durchströmungsversuchen isolierter Lungen ein Maß der Widerstandsänderungen im kleinen Kreislauf bei verschiedenem Blähungszustand der Lunge zu erhalten und festzustellen, ob ein prinzipieller Unterschied besteht, wenn die Entfaltung der Lunge durch Druckerhöhung auf ihre innere Oberfläche (endotrachealer Überdruck) oder durch Druckerniedrigung über der pleuralen Oberfläche (Sog) bewerkstelligt wird.

b) Methode. Zu diesen Versuchen verwendeten wir Lungen von Hunden, die vorher einem anderen Zweck gedient hatten und denen wir kurz vor dem Exitus Heparin intravenös verabreichten. In einigen Fällen hatten wir Gelegenheit, frische Menschenlungen zu erhalten, deren Gefäße infolge Thromboseprophylaxe nicht durch Gerinnsel verstopft waren. Die Durchströmung erfolgte mit heparinisiertem Hunde- bzw. Menschenblut. Als Blutreservoir diente eine Mariottesche Flasche, um den Pulmonalisdruck konstant zu halten. Von dieser Flasche führte ein möglichst dicker Schlauch (lichtes Lumen von 18 mm Durchmesser) in den Hauptstamm der A. pulmonalis. Zur venösen Ableitung wurde ein gleicher Schlauch in den aufgeschnittenen linken Vorhof eingebunden und in ein offenes Gefäß geleitet. Die Lunge selbst befand sich in einer luftdichten Glocke. Die Trachea kommunizierte mittels Trachealtubus mit dem Außenraum. Ein weiterer Schlauch diente zur Verbindung zwischen Glockeninnen- und Außenraum. So konnte nach Belieben die Lunge durch Sog in der Glocke oder durch Druck in der Trachea zur Entfaltung gebracht werden.

Als Druckquelle diente eine Luftbombe mit Reduzierventil, als Sogquelle eine Wasserstrahlpumpe. Mittels Wasserventil wurde der Druck oder Sog auf der gewünschten Höhe gehalten und durch Heben und Senken des Glasrohres variiert. Ins zuführende Schlauchsystem wurde ein Windkessel eingefügt.

Auf diese Weise wurden Minutenvolumen erzielt, die durchaus den in vivo geforderten gleichkommen, im Gegensatz zu

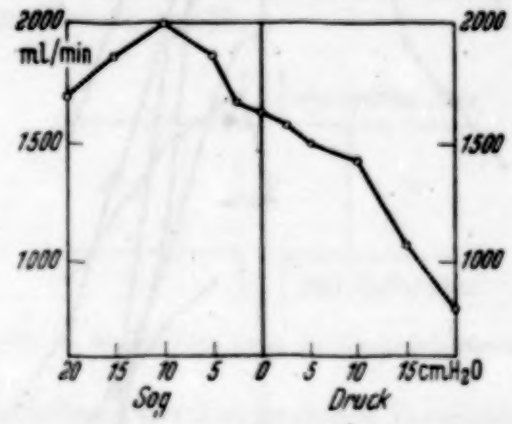

Abb. 1. Durchströmung einer Menschenlunge. Abszisse: Trachealdruck bzw. Pleurasog in cm Wasser. Ordinate: Minutenvolumen in ml. Man beachte, daß die Durchströmung der kollabierten Lunge besser ist als die der durch positiven Trachealdruck geblähten, die größten Werte aber bei der Blähung durch Unterdruck erreicht werden.

anderen Autoren[22, 23, 26, 42], die zum Teil nur $^1/_{12}$ bis bestenfalls $^1/_6$ des mittleren Minutenvolumens erreichten und diese Tatsache auf einen postmortal gesteigerten Gefäßtonus zurückführten. Einwandfreie Heparinisierung, Verwendung großlumiger Schläuche, Vermeidung jeglicher Knickung und gute Filtrierung des zur Durchströmung gelangenden Blutes gewährleisten absolut normale Minutenvolumina.

c) Resultate. Zur Erläuterung der Entstehung einer Durchströmungskurve sei hier ein Versuch eingehend geschildert.

Lungenpräparat eines 40jährigen Mannes, sofort post exitum entnommen, bei Beginn des Versuches etwa $1^1/_2$ Std alt. Einbinden eines Schlauches in die A. pulmonalis, ebenso in den linken Vorhof. Das Präparat wird in die abgedichtete Glasglocke gelegt, die Trachea mittels eingebundenem Trachealtubus mit dem Außenraum verbunden. Die inzwischen kollabierte Lunge wird nun durch 20 cm H_2O-Trachealdruck gebläht und mit heparinisiertem Eigenblut unter einem Druck von 35 cm Blutsäule durchströmt. Hierauf Umschalten auf 20 cm H_2O-Unterdruck in der Glocke unter Freigabe der Trachea, Durchströmung. So wird abwechslungsweise in Sprüngen von 5 cm H_2O der Druck bzw. Sog gesenkt. Wir stoppten den Einstrom von je 500 ml Blut in die A. pulmonalis und errechneten hieraus die Minutenvolumina, die in Abb. 1 graphisch als Funktion des jeweiligen Blähungszustandes dargestellt sind.

Wir haben auf diese Weise 4 Hunde- und 3 Menschenlungen durchströmt. Teilweise konnten wir aus technischen Gründen (Embolie bei zu wenig sorgfältig filtriertem Blut usw.) die Versuche nicht beenden. Die erhaltenen Werte sind in der Kurvenschar der Abb. 2 aufgezeichnet.

Wir untersuchten auch den Einfluß des Pulmonalisdruckes, indem wir diesen in einigen Versuchen

variierten. Als Beispiel gelte Abb. 3: Durchströmung des Lungenpräparates eines 54jährigen Mannes. Es wird nur die linke Lunge verwendet, da die rechte adhärent war und bei der Entnahme verletzt wurde. In Anbetracht der großen Minutenvolumina wurde die Zeit für 1000 ml Einstrom in die A. pulmonalis gestoppt.

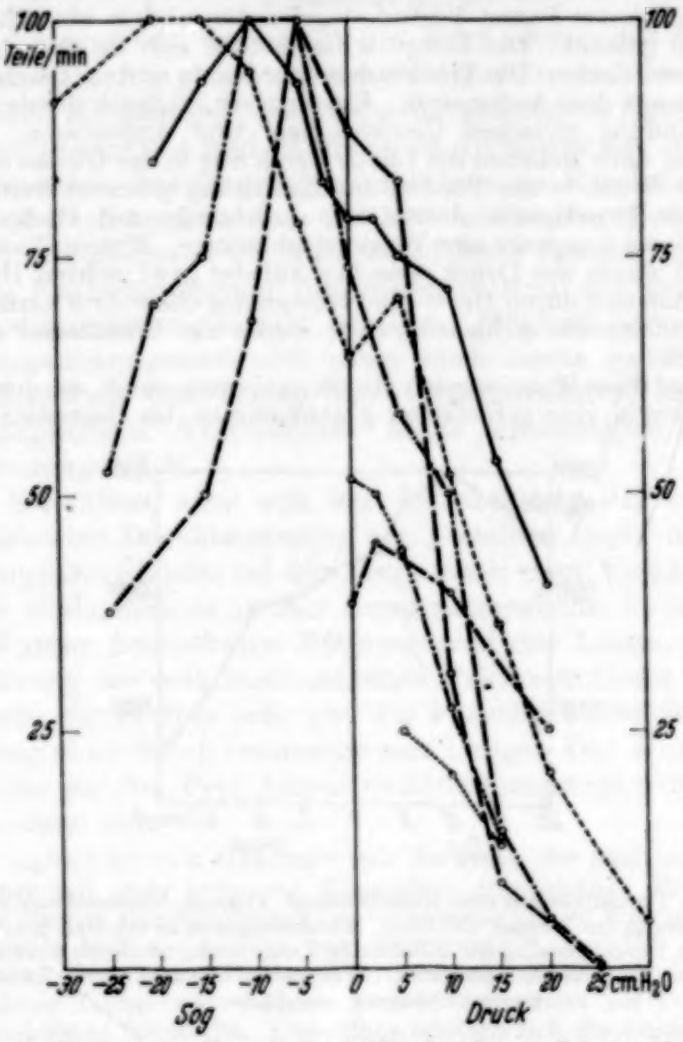

Abb. 2. Kurven aus Versuch 1—7 übereinander projiziert. Abszisse: Trachealdruck bzw. Pleurasog in cm Wasser. Ordinate: Minutenvolumen in Prozent. —··—··—·· Versuch 1, Hund; ------- Versuch 2, Hund; ····· Versuch 3, Hund; — — — — Versuch 4, Hund; ——— Versuch 5, Mensch; —·—·— Versuch 6, Mensch; ———— Versuch 7, Mensch

Wir können diese Ergebnisse so zusammenfassen:

1. Blähung durch Trachealdruck. Im Bereich von $2^1/_2$ cm H_2O-Druck an aufwärts konstatieren wir in sämtlichen Versuchen eine Abnahme des Minutenvolumens mit zunehmendem Trachealdruck. Zwischen $2^1/_2$ und 15 cm H_2O-Blähungsdruck ist die Abnahme ziemlich steil, nachher verflachen sich die Kurven. Die steilste Kurve stammt von der Lunge eines 54jährigen Mannes, wahrscheinlich auf Elastizitätsverlust infolge Alter und Emphysem zurückzuführen (Abb. 2).

Im Bereich zwischen Lungenkollaps und Blähungsgrad $2^1/_2$ bzw. 5 cm H_2O-Trachealdruck sind die Werte nicht einheitlich: In 2 Fällen (Hunde) ist die Durchströmung bei kollabierter Lunge geringer als bei leichter Blähung. In 3 Fällen (1 Hund, 2 Menschen) läßt die kollabierte Lunge mehr Blut passieren als die durch Trachealdruck geblähte. In einem Fall (Mensch) ist die Durchströmung bei Kollaps und leichter Blähung gleich. Bei einer Hundelunge fehlt der entsprechende Wert.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in 4 von 6 Fällen die Durchströmung der kollabierten Lunge größere Werte ergibt als die der durch positiven Trachealdruck geblähten (hierunter befinden sich alle

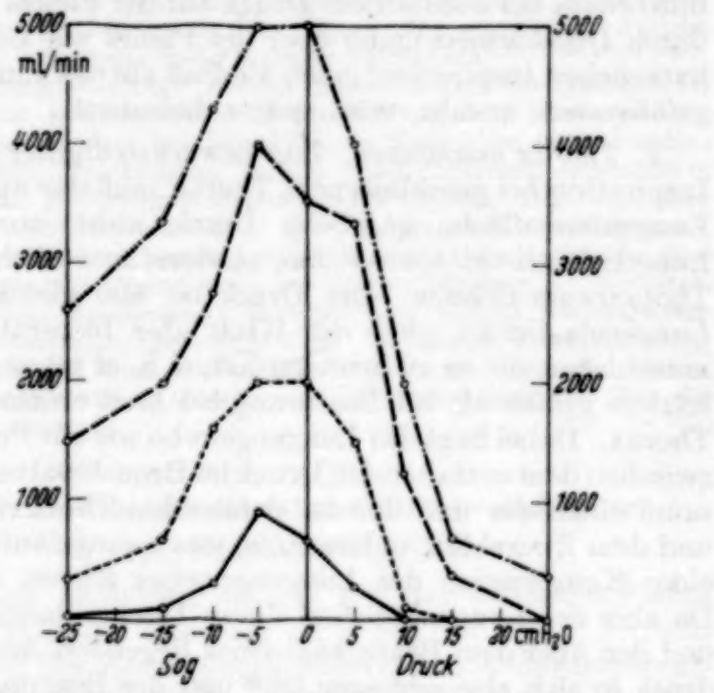

Abb. 3. Durchströmung einer Menschenlunge. -·-·-·— Pulmonalisdruck 40 cm Blutsäule; — — — Pulmonalisdruck 30 cm Blutsäule; ------ Pulmonalisdruck 20 cm Blutsäule; ——— Pulmonalisdruck 10 cm Blutsäule

Menschenlungen), während in 2 Fällen (Hunde) die kollabierte Lunge etwas weniger Blut durchläßt als die leicht geblähte ($2^1/_2$ und 5 cm H_2O), aber in allen Fällen mehr als die stärker geblähte (> 5 cm H_2O). Die erhaltenen Werte sind sehr eindeutig und jederzeit reproduzierbar.

2. Blähung durch Sog über der Pleura. Bei Blähung der Lunge durch Unterdruck in der Glocke, entsprechend der natürlichen Blähung im Thoraxraum, erhalten wir ohne Ausnahme eindeutige Resultate (Abb. 2).

Die 3 Menschenlungen zeigen eine Zunahme der Durchströmung bis zu einem Unterdruck von —5 bzw. —10 cm H_2O, bei weiterer Blähung eine Abnahme. Die Hundelunge erreicht ihr Maximum erst bei —15 und —20 cm Wasser. Die steilste Kurve produziert wiederum die Lunge des Emphysematikers.

3. Vergleich der beiden Blähungsarten. Es läßt sich ohne Ausnahme feststellen, daß die Blähung durch Sog erheblich höhere Blutdurchflußmengen ergibt als die analoge Blähung durch Druck. Die Differenz ist am geringsten bei leichtem Blähungsgrad, um bei steigender Blähung geradezu eklatante Werte anzunehmen (Tabelle).

Tabelle. *Gegenüberstellung der Durchströmungsmengen in ml/min bei analogem Blähungszustand durch Druck und Sog in cm H_2O.* (Graphisch dargestellt in Abb. 2)

Lunge	5 cm		10 cm		15 cm		20 cm		25 cm		30 cm	
	Sog	Druck	Sog	Druck	Sog	Druck	Sog	Druck	Sog	Druck	Sog	Druck
Hund	1000	898	1200	681	1250	468	1250	270	—	—	1153	73
40j. ♂	1875	1500	2000	1428	1875	1071	1704	810	—	—	—	—
31j. ♀	4285	2500	4285	2142	3333	600	3000	200	2250	0	—	—
54j. ♂	4000	3333	2727	1250	2000	375	—	—	1500	0	—	—

In einem Fall beatmeten wir die Lunge mit einem Blasebalg, zuerst durch Überdruck in der Trachea, dann durch Unterdruck in der Glocke, wobei Atemexkursionen und Lungengröße den natürlichen Verhältnissen nahekamen, und maßen die Durchströmung:

Überdruck, Gipfel 20 cm H_2O 714 ml/min,
Unterdruck, Gipfel —20 cm H_2O 1153 ml/min.

4. Abhängigkeit der Durchströmung vom Pulmonalisdruck. Wenn wir für die Durchströmung verschiedene Pulmonalisdruckwerte wählen, erhalten wir, praktisch gesehen, parallele Durchströmungskurven. Die Durchströmung wird total gehemmt, sobald der positive Blähungsdruck dem Pulmonalisdruck gleich ist. Wir finden also innerhalb physiologischer Grenzen eine lineare Abhängigkeit der Durchströmungsgröße vom Pulmonalisdruck (Abb. 3).

IV. Diskussion

Wir wollen im folgenden versuchen, eine Erklärung für den Verlauf der Durchströmungskurve der isolierten Lunge zu geben. Über deren Verlauf am lebenden Individuum unter Berücksichtigung auch der atelektatischen Lunge und des Einflusses der Lungengröße orientiert eine Arbeit von DEBRUNNER et al.[8].

BRAUER[5] nahm an, daß es vollkommen gleichgültig sei, ob die Blähung durch negativen Druck über der Pleura (z. B. —8 mm Hg) oder durch positiven Druck in der Trachea (8 mm Hg) erzeugt werde. Die Druckdifferenz zwischen Lungeninnen- und Außenraum bleibe die gleiche, nämlich 8 mm Hg. Der Unterschied zwischen erstem und zweitem Zustand bestehe in einer Barometeranstieg von 8 mm Hg. Unsere Kurven ergeben aber signifikante Unterschiede zwischen den 2 Blähungsarten. Allerdings wirkt sich in BRAUERS Gedankengang die Änderung des Barometerstandes auch auf Herz und Gefäße aus, während bei unserer Versuchsanordnung der Durchströmungsdruck auf konstanter Höhe gehalten wurde.

Berücksichtigen wir diesen Umstand und analysieren wir die Werte in Abb. 3, indem wir das Minutenvolumen bei einem Blähungsgrad von +5 cm H_2O und einem Pulmonalisdruck von 40 cm Blutsäule mit dem Wert beim Blähungsgrad —5 cm H_2O und dem Pulmonalisdruck 30 cm Blutsäule durch einen Strich verbinden, so ergibt das tatsächlich eine horizontale Linie. Verbinden wir aber die 66 weiteren möglichen analogen Punkte, dann konstatieren wir, daß die erstgenannte die *einzige* Horizontale ist, m. a. W. Blähungsgrad und -art beeinflussen die Lungendurchströmung wesentlich und nicht nur über eine relative Erhöhung (bei Sogblähung) oder Erniedrigung (bei Druckblähung) des Pulmonalisdruckes. Sonst müßte die Durchströmungskurve mit steigender Blähung durch Sog ad infinitum ansteigen, während sie effektiv nach Erreichung des Maximums bei —5 bzw. —10 cm Wasser wieder erheblich sinkt.

Machen wir uns nun an die Deutung der Kurven in Abb. 2. Mit Ausnahme des Abschnitts zwischen Kollaps und leichter Blähung durch Trachealdruck verlaufen alle Kurven analog. Die genannte Unregelmäßigkeit tritt bei keiner unserer 3 Menschenlungen, sondern bei 2 der 3 Hundelungen auf, und beruht wahrscheinlich auf einer Schlängelung und Knickung der Gefäße oder auf Verklebung der Lumina, was zu einer Einengung des Strombettes und damit zu Widerstandserhöhung führt[47]. Warum dieser Effekt in unseren Versuchen nur bei Hunden auftritt, ist ungeklärt. Den restlichen Verlauf der Kurven, nämlich die Abnahme des Durchstroms bei steigender Druckblähung und Zunahme bei Sogblähung bis —5 bzw. —10 cm Wasser, dann wieder Abnahme, wollen wir an Hand einer Modellüberlegung verständlich machen (Abb. 4).

Der Lungenkreislauf K spielt sich, am ausgesprochensten in seinem capillaren Anteil, zwischen zwei Räumen mit verschiedenem Druck ab, nämlich zwischen dem Alveolarraum A und dem Pleuraraum P. Wird die Blähung der Lunge durch Druckerhöhung im Alveolarraum erzeugt, so führt das zu einer Einbuchtung der elastischen Wand zwischen A und K, vorausgesetzt, daß das Blut in Richtung linkes Herz abfließen kann, der Druck im Pleuraraum P sich nicht erniedrigt und der Pulmonalisdruck konstant bleibt. Alle diese Bedingungen sind bei Druckbeatmung bei geöffnetem Thorax erfüllt.

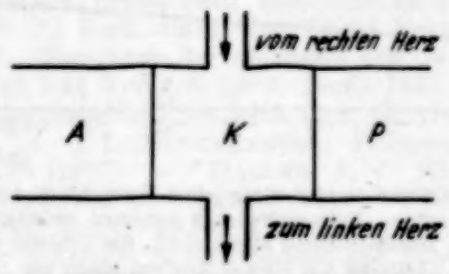

Abb. 4. Modellvorstellung des Lungenkreislaufs

Bei Entfaltung der Lunge durch Verminderung des Druckes im Pleuraraum P wird sich die elastische Membran zwischen K und P nach außen ausbuchten, d. h. es wird eine Gefäßerweiterung eintreten, wieder unter der Bedingung der Konstanz des Pulmonalisdruckes. Dieser sinkt tatsächlich trotz der Druckverminderung im Thoraxraum während der Inspiration nicht, sondern erfährt eine leichte, absolute Steigerung[11,13,30,47]. Das Sinken des Blutstroms bei Überschreiten eines Grades der Sogblähung von —5 bzw. —10 cm Wasser ist auf Querkontraktion infolge Längsdehnung der Gefäße[47] zurückzuführen.

Nun sind noch die Verhältnisse bei der Druckblähung bei geschlossenem Thorax zu untersuchen. Hier soll sich der angewandte Druck auf den Pulmonalkreislauf als geschlossenes System[18] auswirken und den Druckablauf im Pulmonalsystem auf ein entsprechend höheres Niveau heben, ohne die Lungenbahn einzuengen[4]. In unserem Modell wird die einbuchtende Wirkung zwischen A und K um so größer sein, je dünner die Membran und je geringer primär die Druckdifferenz zwischen Alveolarraum und Capillarraum ist[16], und da das rechte Herz infolge Einflußdrosselung sein Schlagvolumen nicht aufrecht erhalten kann, wird bei Druckblähung der alveoläre Druck sich dem Capillardruck zum mindesten annähern und deshalb die capilläre Lungenbahn einengen.

Zusammenfassend dürfen wir behaupten, daß Sogbeatmung sich auf das Lungencapillarsystem im Sinne einer Gefäßerweiterung, Druckbeatmung im Sinne einer Gefäßeinengung auswirkt.

Falls unsere Modellüberlegung stimmt, hat sie noch eine Forderung zu erfüllen: Durch Druckerniedrigung im Alveolar- *und* Pleuraraum müssen sich die Membranen *gegensinnig* ausbuchten. Das kommt einer maximalen Erweiterung des Lungenstrombettes gleich,

und es sind deshalb sehr große Minutenvolumina zu erwarten, die tatsächlich erzielt wurden. Bei diesen Versuchen setzten wir die Lunge mit abgeklemmter Trachea einem steigenden Unterdruck aus. Dies entspricht einer forcierten Inspiration bei geschlossener Glottis. Die Querkontraktion der Gefäße infolge Längsdehnung wird so verhindert, und statt einer Umkehr der Kurve bei —5 und —10 cm H_2O haben wir ein kontinuierliches Ansteigen der Durchströmung bis —30 und mehr cm Wasser (Abb. 5).

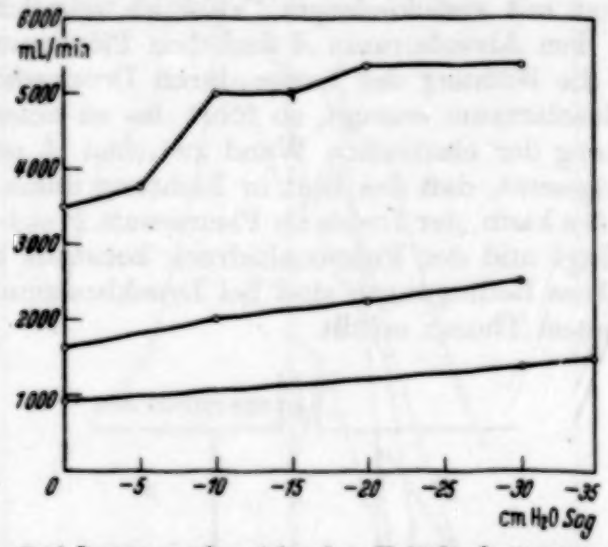

Abb. 5. Drei Lungen werden steigendem Unterdruck ausgesetzt bei abgeklemmter Trachea. Pulmonalisdruck konstant zwischen 20 und 30 cm Blutsäule. Die Durchströmung steigt stetig, die Umkehr wie bei der Sogblähung mit offener Trachea bleibt aus

Aus diesen Überlegungen und Tatsachen können wir folgende Schlüsse ziehen:

1. Bei natürlicher Atmung wirkt sich die Inspirationsphase nicht nur begünstigend auf den Reflux aus den extrathorakalen Venen, sondern durch Erweiterung der Lungengefäße auch auf den kleinen Kreislauf selbst aus.

2. Tracheale Druckbeatmung bei breit eröffnetem Thorax benachteiligt die Blutzirkulation im kleinen Kreislauf infolge Kompression der Capillaren.

3. Tracheale Druckbeatmung bei geschlossenem Thorax benachteiligt die Blutzirkulation sowohl durch Behinderung des Refluxes aus den extrathorakalen Venen als auch durch Kompression der Lungencapillaren [2, 20, 28, 32, 46].

V. Klinische Gesichtspunkte

a) Natürliche Atmung (Abb. 6). Diese spielt sich nach REIN im Bereich zwischen —2 und —4 mm Hg ab, tiefe Inspirationen können Werte bis —30 mm Hg erreichen. Falls sich unsere Durchströmungsversuche auf die Verhältnisse in vivo übertragen lassen, kann man annehmen, daß der natürliche respiratorische Blähungszustand der Lunge für die Lungendurchblutung zugleich der mechanisch ungefähr optimalste ist.

b) Intermittierende Druckbeatmung bei der Narkose (Abb. 7). Wir sehen aus Abb. 7, daß die Druckphase bei der intermittierenden Druckbeatmung die Lungendurchblutung ungünstig beeinflußt. Die Regel, daß man bei Druckbeatmung $^2/_3$ der Respirationsphase dem Exspirium reservieren sollte, bestätigt sich.

Ist der Thorax geöffnet, so fehlt der Sog, der Streifen links der Ordinate fällt also weg. Da aber die Inspirationsphase weniger Druck verlangt, weil die Thoraxwand nicht gedehnt werden muß, fällt auch im lungenzirkulatorisch ungünstigen Bereich ganz rechts ein Streifen weg, der den durch Wegfall des pleuralen Soges bedingten Nachteil ungefähr kompensiert.

c) Intermittierende Überdruck-Unterdruckbeatmung (Abb. 8). An Hand unserer Abb. 8 erkennen wir klar den Vorteil dieser Beatmungsart: Durch den exspiratorischen Unterdruck wird der lungenzirkulatorisch

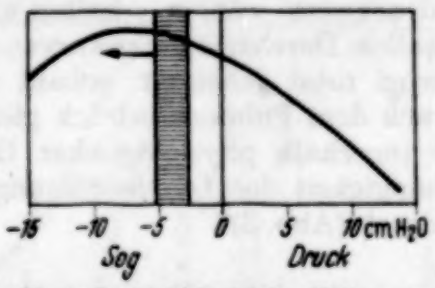

Abb. 6. Der schraffierte Bezirk bedeutet den Blähungsgrad der Lunge bei ruhiger, natürlicher Atmung (nach REIN zwischen —2 und —4 mm Hg), die schematisierte Kurve gibt die Durchströmung bei entsprechendem Blähungsgrad wieder. Die Lunge befindet sich also im zirkulatorisch präoptimalen Bereich. Eine tiefe Inspiration (Pfeil) führt in den optimalsten Bereich

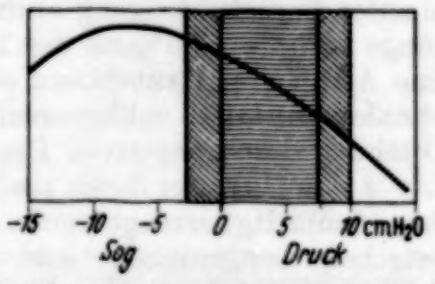

Abb. 7. Im schraffierten Bezirk befindet sich die Lunge blähungsmäßig bei der intermittierenden Druckbeatmung. Bei breit eröffnetem Thorax fallen die schrägschraffierten Streifen links und rechts weg

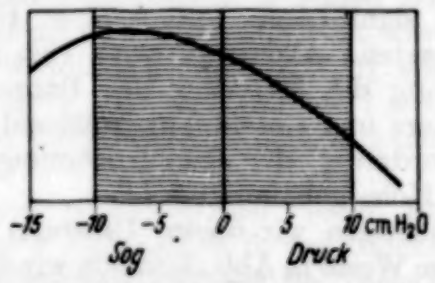

Abb. 8. Bei der intermittierenden Überdruck-Unterdruckbeatmung befindet sich die Lunge blähungsmäßig im schraffierten Bezirk. Durch den exspiratorischen Sog wird der lungenzirkulatorisch günstige Bereich links ausgenützt, welcher bei der bloßen intermittierenden Druckbeatmung nicht erreicht wird

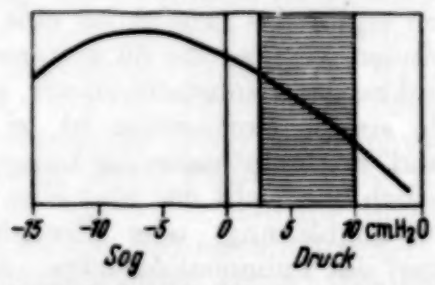

Abb. 9. Der schraffierte Bereich stellt den Blähungszustand der Lunge bei der permanenten Überdruckbeatmung dar. Es ist offensichtlich, daß diese Beatmungsart ungünstige Bedingungen für die Lungenzirkulation schafft

günstige Bereich ausgenutzt, der Streifen verbreitert sich nach links. Während man für kurzfristige Beatmung (Operation) auf diesen Vorteil verzichten kann, wirkt er sich bei Dauerbeatmung (Tetanustherapie) sicher günstig aus (Lundia- und Engström-Respirator).

d) Permanente Überdruckbeatmung (Abb. 9). Abb. 9 zeigt klar, daß diese Art der Beatmung die Lungenzirkulation erheblich drosselt. Dazu kommt noch die

Hemmung des venösen Rückflusses zum rechten Herzen. Die permanente Überdruckbeatmung führt also zu einer Verminderung des Minutenvolumens, indem sie den Blutstrom bremst, einesteils im Bereich des kleinen Kreislaufs vor dem linken Herzen, andernteils durch venöse Einflußstauung vor dem rechten Herzen. Das erklärt den nachgewiesenen günstigen therapeutischen Effekt dieser Beatmungsart auf das Lungenödem bei akuter Linksinsuffizienz[28]. Wir betrachten die permanente Überdruckbeatmung bei der Linksinsuffizienz wirkungsmäßig als Analogon zur Cavaligatur bei der Rechtsinsuffizienz (WANKE[48]).

Wir hoffen, mit dieser Arbeit zum Verständnis der rein mechanischen Vorgänge bei der endotrachealen Lungenbeatmung einen kleinen Beitrag geleistet zu haben.

Zusammenfassend können wir also feststellen: Isolierte Hunde- und Menschenlungen wurden mit Blut durchströmt und die Durchflußmenge bei analogen, sowohl durch Druck in der Trachea als durch Sog über der Pleura erzeugten Blähungszuständen und bei verschiedenem Pulmonalisdruck gemessen. Wir erhielten folgende Resultate:

1. Bei Blähung durch Druck nimmt die Durchflußmenge mit steigendem Blähungsdruck ab. Der Maximalwert liegt deshalb beim Blähungsdruck Null, d.h. beim Lungenkollaps.

2. Bei Entfaltung der Lunge durch steigenden Sog nimmt die Durchflußmenge vorerst zu, dann wiederum ab. Die Maximalwerte liegen in einem Fall bei —5, in 2 Fällen bei —10 (Menschenlungen) und im 4. Fall bei —20 cm Wasser (Hundelunge).

3. Die Durchflußmenge ist größer bei gleicher Sogentfaltung als bei analoger Druckblähung. Dieser Unterschied ist sehr signifikant.

4. Bei beiden Blähungsarten wächst die Durchflußmenge annähernd linear zur Höhe des Pulmonalisdruckes.

An Hand einer Modellüberlegung werden die erhaltenen Resultate dahingehend erklärt, daß infolge der Eigenart des Lungenkreislaufs, sich zwischen 2 Räumen mit verschiedenem Druck abzuspielen, tracheale Überdruckbeatmung die Lungengefäße einengt, Inspiration durch pleuralen Unterdruck sie dagegen erweitert.

Zum Schluß werden einige klinische Folgerungen skizziert und speziell auf den Wirkungsmechanismus der permanenten Überdruckbeatmung als Therapie des Lungenödems hingewiesen.

Summary. Blood perfusion in isolated human and canine lungs was established under varied conditions:

1. With pressure breathing.

2. With extrapleural suction breathing (normal respiration).

3. With varied blood pressures.

Following results were obtained:

1. With pressure breathing the perfusion flow decreases parallel to the increase in endotracheal pressure. The flow gains its maximum therefore with the collaps of the lung.

2. With increased extrapleural suction breathing the perfusion flow first increases and then decreases, maximum at 5—10 cm water.

3. Perfusion flow increases parallel to blood pressure.

4. Perfusion flow under pressure breathing is smaller than with similar extrapleural suction breathing. This difference is very significant.

Thus it is evident that pressure breathing causes a narrowing of the lung vessels whilst normal inspiration dilates them.

Some clinical consequences are sketched with special reference to the edema of the lungs.

Literatur. [1] ANTHONY, A. J.: Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak. **173**, 662 (1933). — [2] BAXTER, I. G., and J. W. PEARCE: J. Physiol. (Lond.) **115**, 410 (1951). — [3] BECKER, H., M. HOCHREIN u. K. MATTHES: Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak. **173**, 466 (1933). — [4] BOLT, W., D. MICHEL, H. VALENTIN u. H. VENRATH: Z. Kreisl.-Forsch. **44**, 261 (1955). — [5] BRAUER, L.: Grenzgeb. Med. Chir. **13**, 483 (1904). — [6] CLOETTA, M.: Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak. **66**, 426 (1911). — [7] DEBRUNNER, W.: Z. Anat. Entwickl.-Gesch. **119**, 512 (1956). — [8] DEBRUNNER, W., A. MÜLLER, R. GÜRTLER u. D. DE GASPARO: Langenbecks Arch. klin. Chir. **290**, 329 (1959). — [9] DONDERS: Z. rat. Med. **3** (1853). Zit. nach DE JAGER. — [10] DREYER, L., u. K. SPANNAUS: Bruns' Beitr. klin. Chir. **60**, 110 (1908). — [11] EULER, U. S. v.: Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch. 8 (1951). [12] FLEISCH, H.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VII, Teil 2, S. 1267. Berlin 1927. — [13] FRIEDRICH, P. L.: Langenbecks Arch. klin. Chir. **82**, 1147 (1907). — [14] FUNKE, O., u. J. LATSCHENBERGER: Pflügers Arch. ges. Physiol. **15**, 405 (1877). — [15] HALLER, A. v.: Elementa physiol. **3**, 246 (1760). Zit. nach TIGERSTEDT. — [16] HAYEK, H. v.: Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch. **17** (1951). — [17] HESS, W. R.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VII, S. 904. Berlin 1927. — [18] HESS, W. R.: Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch. **9** (1953). — [19] HOCHREIN, M., u. CH. J. KELLER: Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak. **164**, 529 (1932). — [20] HUBAY, WALTZ, BRECHER, PRAGLIN and HINGSON: Anesthesiology **15**, 445 (1954). — [21] HÜRTHLE, K.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VII, S. 1470. Berlin 1927. — [22] JAGER, S. DE: Pflügers Arch. ges. Physiol. **20**, 456 (1879). — [23] JARISCH, A., u. C. DE LIND VAN WIJNGAARDEN: Pflügers Arch. ges. Physiol. **212** (1926). — [24] KUHN, F.: Dtsch. Z. Chir. **78**, 467 (1905). — [25] KÜTTNER, H.: Brun's Beitr. klin. Chir. **60**, 1 (1908). — [26] LAUX, L.: Pflügers Arch. ges. Physiol. **224**, 110 (1930). — [27] MACKLIN, C. C.: Rev. canad. Biol. **5**, 199 (1946). Zit. nach v. HAYEK. — [28] MALONEY, J. V., and J. L. WHITTENBERGER: Ann. N. Y. Acad. Sci. **66**, 931 (1957). — [29] MATTHES, K., u. M. HOCHREIN: Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak. **167**, 687 (1932). — [30] MÖLLGAARD: Fysiologik Lungekirurgi, S. 245. Kopenhagen 1915. Zit. nach TIGERSTEDT. — [31] MÜLLER, A.: Diss. med. Bern 1960. — [32] OPDYKE, D. F., and G. A. BRECHER: Amer. J. Physiol. **162**, 556 (1950). — [33] OPDYKE, D. F. VAN, H. F. NOATE and G. A. BRECHER: Amer. J. Physiol. **162**, 259 (1950). — [34] POISEUILLE: C. R. Acad. Sci. (Paris) **41**, 1072 (1855). Zit. nach TIGERSTEDT. — [35] QUINCKE, H., u. E. PFEIFFER: Arch. Anat. u. Physiol. **90** (1871). — [36] REIN, H.: Einführung in die Physiologie des Menschen. Berlin 1948. — [37] SACKUR: Virchows Arch. path. Anat. **150**, 151 (1897). — [38] SAUERBRUCH, F.: Zbl. Chir. **31**, 146 (1904). — [39] SAUERBRUCH, F.: Grenzgeb. Med. Chir. **13**, 399 (1904). — [40] SAUERBRUCH, F.: Ergebn. Chir. Orthop. **1**, 356 (1910). — [41] SEIDEL, H.: Grenzgeb. Med. Chir. **17**, 668 (1907). — [42] SIBUL, I.: Pflügers Arch. ges. Physiol. **240**, 491 (1938). — [43] TIEGEL, M.: Grenzgeb. Med. Chir. Suppl. **3**, 789 (1907). — [44] TIEGEL, M.: Brun's Beitr. klin. Chir. **64**, 356 (1909). — [45] TIEGEL, M.: Brun's Beitr. klin. Chir. **68**, 584 (1910). — [46] TIGERSTEDT, R.: Die Physiologie des Kreislaufes, Bd. IV. Berlin 1923. — [47] WAGNER, R.: Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch. **7** (1940). — [48] WANKE, R.: Chirurgie der großen Körpervenen. Stuttgart 1956. — [49] ZUNTZ, N.: Pflügers Arch. ges. Physiol. **17**, 374 (1878).

Übersichten

Über den Gasaustausch bei der Bronchoskopie in Narkose mit Relaxation*

Von W. Ey, W. Schwab und W. T. Ulmer

Aus der Univ.-Hals-Nasen-Ohrenklinik Heidelberg (Direktor: Prof. W. Kindler)
und aus der Medizinischen Abteilung des Silikose-Forschungsinstitutes der Bergbau-Berufsgenossenschaft Bochum
(Chefarzt: Priv.-Doz. Dr. W. T. Ulmer)

Mit 6 Textabbildungen

Während die Bronchoskopie — durch den Laryngologen Killian 1897 als Untersuchungsmethode entwickelt und in die Klinik eingeführt — früher fast ausschließlich in Lokalanaesthesie vorgenommen wurde, scheint die moderne Anaesthesiologie jetzt eine Wandlung zu bringen. Es ist wohl auch naheliegend, die für den Patienten und Operateur unbestreitbaren Vorteile einer modernen Allgemeinbetäubung mit Anwendung von muskellähmenden Pharmaka auch den bronchoskopischen Untersuchungen zukommen zu lassen. Hierbei treten aber seitens der Atmung und damit der Gasaustauschvorgänge Probleme auf, die für die gewöhnliche Narkose mit Relaxation durch die endotracheale Intubation und die Anwendung eines geschlossenen Narkosekreislaufsystems mit der Möglichkeit der künstlichen Beatmung bereits gelöst sind.

Auch für die Bronchoskopie in Narkose unter Relaxation muß trotz der Atemmuskellähmung während der Bronchoskopie der Gasaustausch sichergestellt sein.

Als ein solches Verfahren wurde z. B. die sog. *Diffusionsatmung* oder besser die *Insufflationsmethode* entwickelt, bei der dem relaxierten und mit Sauerstoff angereicherten Patienten durch das Bronchoskop ein größeres Volumen O_2 pro Zeiteinheit zugeführt wird (*Insufflation ohne* künstliche Beatmung). — Der Begriff Diffusionsatmung wurde 1944 von Draper und Whitehead geprägt, die Methode beruht jedoch auf Hundeversuchen, die Volhard schon 1908 veröffentlichte, wobei er damals schon auf die Gefahren einer Kohlensäureanreicherung aufmerksam machte. In Deutschland wurde diese Technik vor allem von Riecker für die Bronchoskopie empfohlen.

Die Gefahrengrenze sowohl für die O_2-Verknappung wie für die CO_2-Anreicherung wird sehr unterschiedlich angenommen, im allgemeinen wird aber ein zeitliches Maximum von 10 min angeraten.

Ein anderes Verfahren, das heute mehr und mehr Anhänger gewinnt, ist die sog. *Beatmungsbronchoskopie* bei kompletter Relaxation.

Im Prinzip werden die Beatmungsbronchoskope durch ein gut dichtendes Fenster oder Revolversystem an ihrem proximalen Ende verschlossen gehalten. Durch einen proximalen seitlichen Stutzen wird über ein Narkosegerät mit Sauerstoff beatmet.

Für die Dauer eines endobronchialen Eingriffes (auch bei Absaugungen usw.) muß allerdings das Fenster geöffnet und auf eine wirksame Beatmung vorübergehend verzichtet werden. Es kommt daher diese, vor allem von Mündnich propagierte sog. Beatmungsbronchoskopie dem an der Heidelberger Univ.-Hals-Nasen-Ohrenklinik schon länger geübten Verfahren einer *intermittierenden Beatmung* bei Durchführung einer Bronchoskopie in Relaxationsnarkose gleich.

Wegen der immer wieder sehr unterschiedlich beurteilten Methoden haben wir eigene Untersuchungen über die genannten Verfahren angestellt mit dem Ziel, die Anwendungsbereiche, Grenzen und Gefahren jeder dieser Methoden, aber auch deren Beherrschung, kennenzulernen.

Es sei aber betont, daß wir nicht alle Bronchoskopien in Allgemeinbetäubung durchführen. Die Narkosebronchoskopie sollte vielmehr bestimmten Indikationen vorbehalten bleiben. Hierzu gehören die Fälle, bei denen aus anatomischen oder subjektiven Gründen die endoskopische Untersuchung technisch schwierig erscheint, ferner diejenigen, bei denen Wiederholungen der Bronchoskopie unumgänglich sind, und schließlich ganz besonders die Fälle, bei denen eine absolute Ruhigstellung des Bronchialbaumes notwendig ist (z. B. aus Strahlenschutzgründen bei intratumoraler Infiltration radioaktiver Substanzen). In allen anderen Fällen bleibt unseres Erachtens die Lokalanaesthesie die Methode der Wahl, die bei richtiger Vorbereitung und Technik dem Patienten zumutbar und bei Beachtung der Anaesthesievorschriften auch ungefährlich ist. Ganz abgesehen davon entfällt der personelle und instrumentale Aufwand, den eine Narkosebronchoskopie voraussetzt. — Wenn man aber die Narkosebronchoskopie anwendet, dann sollte man unbedingt die Methode wählen, die für den Patienten das kleinste Risiko beinhaltet. Diesem Ziel dienten unsere Untersuchungen.

* Kurze Übersicht auf Aufforderung der Schriftleitung. Ausführliche Darstellung in „Die Narkosebronchoskopie unter Muskelrelaxation" (Acta Oto-Laryngologica Stockholm, Supplementum 151, 1959).

Tabelle. *Versuchsanordnung bei den eigenen Untersuchungen über die verschiedenen Methoden der Narkosebronchoskopie unter Muskelrelaxation*

Versuchsserie		Anzahl der Fälle	Untersuchungen					
			Gasaustausch			Kreislauf		
			Oxymeter	URAS	Arterienpunktion	Pulsfrequenz	Blutdruck	EKG
Proximale O_2-Insufflation 5 Liter O_2/min		5	+	+	+	+	+	–
O_2-Insufflation proximal + distal (> 5 Liter O_2/min)		3	+	+	+	+	+	+
Ganz ohne Insufflation und ohne Beatmung (nur vorherige O_2-Anreicherung)		2	+	+	+	+	+	+
Preßluft-Insufflation distal (bis 14 Liter/min)		2	+	+	+	+	+	–
Intermittierende Beatmung	sog. Beatmungsbronchoskopie	6	+	+	–	+	+	–
Fortlaufende Beatmung ohne Manschette	sog. Beatmungsbronchoskopie	3	+	+	–	+	+	–
Fortlaufende Beatmung mit aufgeblasener Manschette	echte Beatmungsbronchoskopie	4	+	+	–	+	+	–
Gesamtzahl der Fälle		25						

Insgesamt wurden von uns 25 Fälle untersucht, 22 Männer und 3 Frauen. Das Alter lag zwischen 17 und 64 Jahren. Die jeweilige Versuchsanordnung geht aus der Tabelle (S. 350) hervor.

Für die Beurteilung des Gasaustausches während der Narkosebronchoskopie unter Relaxation sind im wesentlichen die Messung des Sauerstoffgehaltes und Kohlensäuredruckes im Alveolarraum bzw. im arteriellen Blut von Bedeutung. Beide Größen wurden von uns bei unseren Untersuchungen registriert, und zwar fortlaufend über die ganze Dauer des jeweiligen Untersuchungsganges.

Die Bestimmung der O_2-Sättigung des arteriellen Blutes erfolgte mittels Ohr-Oxymetrie nach dem von Matthes (1935) angegebenen Verfahren mit einem Atlas-Doppeloxymeter am histaminisierten Ohr. Die Meßwerte wurden fortlaufend photoelektrisch aufgeschrieben. Die Eichung der Oxymeterkurven wurde durch Sauerstoffatmung und durch eine während der Narkose gleichzeitig durchgeführte Bestimmung des arteriellen O_2-Sättigungswertes vorgenommen. Die unter Sauerstoffatmung erzielten Oxymetriewerte wurden mit 100% Sauerstoffsättigung angenommen.

Die alveolären Kohlensäuredruckwerte wurden mit dem Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS) nach Bruck, Haas und Ulmer (1954) ebenfalls auf lichtempfindlichem Papier registriert. Die zur Bestimmung der Kohlensäurekonzentration abgesaugte Gasmenge betrug 600 cm³/min. Die Absaugung erfolgte kontinuierlich mit Hilfe einer Membranpumpe, der ein Rotameter vorgeschaltet war.

Zur Gewinnung von Alveolarluft während der Muskelrelaxation wurde der Thorax in vorher festgelegten Abständen von Hand komprimiert. Der Absaugeschlauch des URAS befand sich gleichzeitig etwa 15 cm tief im Bronchoskopschaft. Nach der Kompression des Thorax wurde das hierdurch ausgepreßte Gasvolumen durch Sauerstoff bei der Inspiration ersetzt, oder bei anderen Versuchsreihen wurde anschließend über einige Atemzüge mit Sauerstoff beatmet.

In verschiedenen Fällen wurden die Oxymeter- und URAS-Werte durch Arterienpunktionen ergänzt. Die Analyse des arteriellen Blutes erfolgte auf ihren Sauerstoffgehalt und ihre Sauerstoffkapazität mit der Methode nach Haldane, Douglas-Courtice. Die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes wurde mit Hilfe der van Slykeschen manometrischen Apparatur und die Wasserstoffionenkonzentration mit der Glaselektrode und dem Potentiometer E 148c der Firma Metrohm (Herisau) ausgeführt. Der arterielle Kohlensäuredruck wurde nach der Formel von Hasselbach-Henderson errechnet.

Der *Kreislauf* wurde durch fortlaufende Schreibung der Pulsfrequenz und des Blutdruckes überwacht, und in einzelnen Fällen wurden gleichzeitig die drei elektrokardiographischen Standardableitungen mitgeschrieben.

Die *Narkose* war in allen Fällen eine intravenöse Barbituratnarkose, als Relaxans diente uns das Succinylcholinchlorid Pantolax[1]. Die Patienten waren alle mit Pethidin und Atropin vorbereitet.

Bei der sog. *Diffusionsatmung* oder Insufflationsmethode benutzten wir ein Brünings-Bronchoskop mit proximaler Lichtquelle. Die O_2-Insufflation erfolgte entweder über einen proximalen seitlich am Rohr befindlichen sog. Injektor oder distal durch einen in das Rohr eingeführten Katheter oder aber durch proximale und distale Insufflation. Insuffliert wurden 5 oder mehr als 5 Liter Sauerstoff/min aus einem Dräger-Narkosegerät mit Atembeutel.

Insgesamt führten wir 5 Versuche mit proximaler O_2-Insufflation und 3 Versuche mit proximaler und distaler O_2-Insufflation durch. Bei 2 Patienten haben wir nach ausreichender O_2-Anreicherung über mehr als 7 min weder Sauerstoff insuffliert noch beatmet. Bei weiteren 2 Patienten insufflierten wir gleichzeitig in beide Hauptbronchien 14 Liter Luft/min.

Bei der *Beatmungsbronchoskopie* unterschieden wir zwischen *intermittierender* Beatmung und *fortlaufender* Beatmung mit Sauerstoff bei geschlossenem Bronchoskopfenster *ohne* Manschettenabdichtung und der Beatmung *mit* Manschettenabdichtung.

Mit der *intermittierenden Beatmung* wurden 6 Patienten untersucht. Wir benutzten dazu ein Beatmungsbronchoskop der Firma Storz mit proximalem Fenster, jedoch ohne weitere Abdichtung. Es wurde nach vorheriger Sauerstoffanreicherung in Abständen von 2—3 min durch das Rohr mit 10 künstlichen Atemzügen Sauerstoff aus dem Atembeutel eines Dräger-Narkoseapparates beatmet. In den Beatmungspausen, die für endobronchiale Eingriffe benötigt oder einfach aus Versuchsgründen eingeschaltet wurden, wurde kein Sauerstoff insuffliert.

Fortlaufende Beatmung mit dem Beatmungsbronchoskop der Firma Storz bei geschlossenem Bronchoskopfenster, aber ohne Manschettenabdichtung haben wir in 3 Fällen durchgeführt. Das Bronchoskop war dabei über einen seitlichen Stutzen an das Dräger-Narkosegerät angeschlossen, so daß über den Atembeutel fortlaufend mit Sauerstoff beatmet werden konnte. Lediglich zur Messung des alveolären CO_2-Druckes wurde das Fenster zur Einführung des Absaugeschlauches des URAS für wenige künstliche Atemzüge geöffnet.

Schließlich haben wir noch bei 4 Fällen die Bedingungen bei fortlaufender *Beatmung mit kompletter Abdichtung* des Systems untersucht.

Die Ergebnisse können zusammenfassend in den folgenden Abbildungen demonstriert werden.

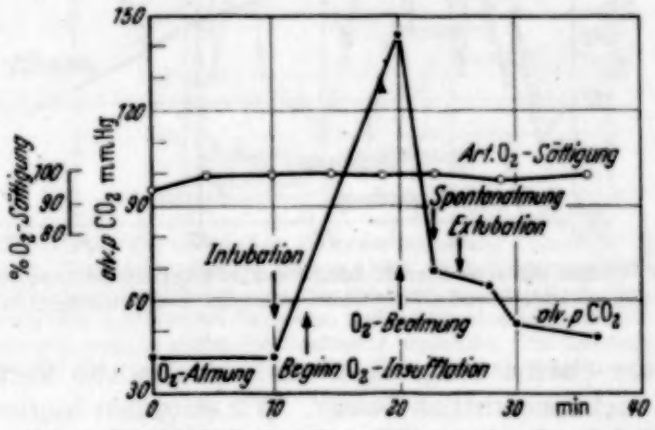

Abb. 1. Proximale O_2-Insufflation 10 min ohne Beatmung

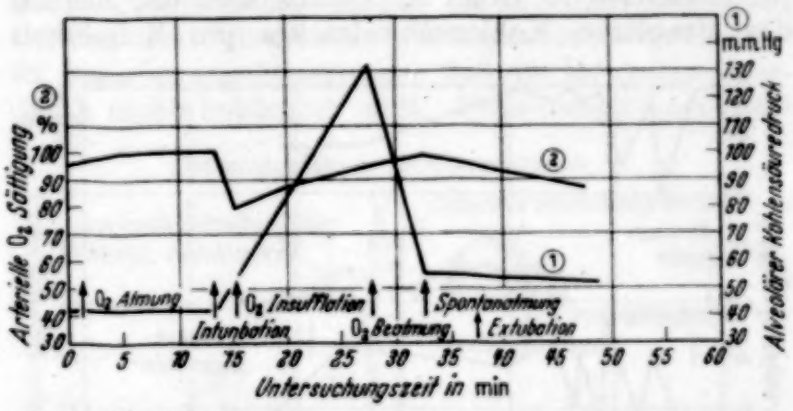

Abb. 2. Narkosebronchoskopie mit proximaler Sauerstoffzufuhr 5 Liter/min. Kurve 1 alveolärer Kohlensäuredruck, Kurve 2 arterielle O_2-Sättigung oxymetrisch

Die Abb. 1 gibt den Versuch bei alleiniger proximaler O_2-Insufflation wieder. Die arterielle O_2-Sättigung kann bei genügender O_2-Voratmung für die Dauer des Versuches — etwa 10 min — einigermaßen konstant gehalten werden. — Anders dagegen die alveoläre CO_2-Spannung; hier sehen wir nach der Intubation — wenn die Atmung aussetzt und nur insuffliert wird — einen sofortigen steilen Anstieg der alveolären pCO_2 bis auf hochpathologische Werte. Erst die jetzt durchgeführte Beatmung bringt die alveolären Kohlensäuredruckwerte rasch wieder zu niedrigeren Werten.

Einen ähnlichen Verlauf bietet ein anderer Fall mit alleiniger proximaler O_2-Insufflation (vgl. Abb. 2).

Hier wird aber gleichzeitig ein Abfall der arteriellen O_2-Sättigung deutlich, den wir als „Intubationsknick" bei verzögerter Intubation öfters sahen. Das hierbei entstehende Absinken der arteriellen O_2-Sättigung kann durch O_2-Beatmung über ein Narkosegerät wieder abgefangen werden. Nach der Extubation kommt es erneut zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung in

[1] Dr. Rudolf Reiss, Chemische Werke, Berlin-West, Hamburg, München.

pathologische Bereiche, der durch die noch nicht wieder ausreichende Spontanatmung bei einer reaktiven Verschleimung zu erklären ist.

Dieses Abgleiten der arteriellen Sauerstoffsättigung in pathologische Bereiche sahen wir in vielen Fällen nach der Extubation und war oft noch nicht behoben, wenn die Patienten bereits schon wieder ansprechbar waren.

Wie liegen die Verhältnisse bei distaler Sauerstoffzufuhr? Solange die Sauerstoffzufuhr deutlich proxi-

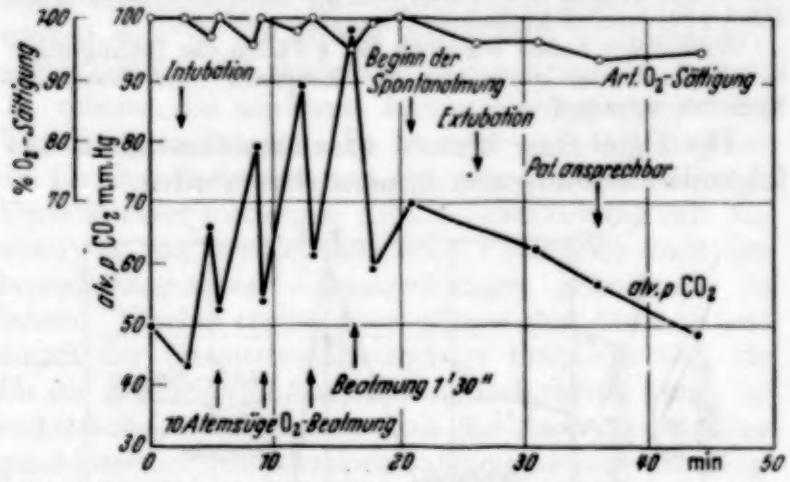

Abb. 3. Verlauf der alveolären Kohlensäurespannung bei Narkosebronchoskopie mit intermittierender Sauerstoffbeatmung. Beatmungspausen 3 min

mal der Carina ausgeführt wird, werden die Verhältnisse nicht wesentlich besser. Wir stimmen hierin mit den Erfahrungen von Holmdahl (1956) überein. Erst bei Gaszufuhr in Höhe der Carina wird der Anstieg des alveolären Kohlensäuredruckes pro Zeiteinheit

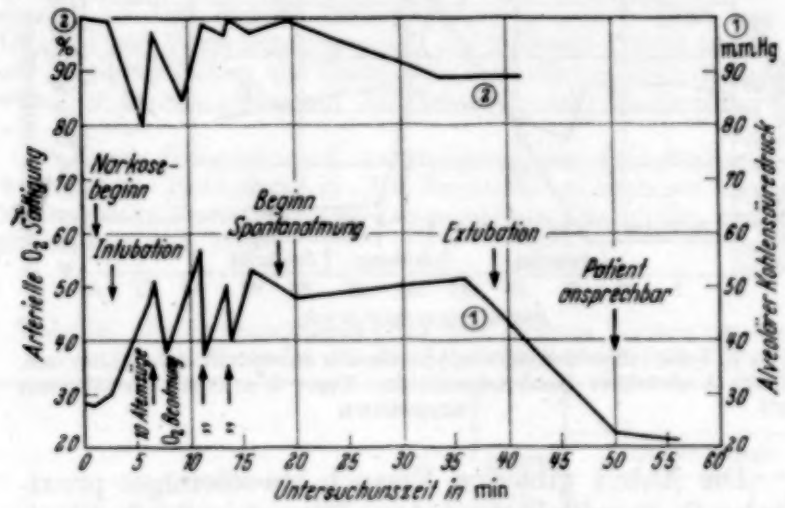

Abb. 4. Verhalten des alveolären Kohlensäuredruckes (Kurve 1) und der arteriellen Sauerstoffsättigung (Kurve 2) bei Narkosebronchoskopie mit intermittierender Beatmung bei Beatmungspausen von jeweils 2 min

wesentlich geringer, wobei vor allem den herzsynchronen Mischungsvorgängen [Ulmer (1959)], die peripher der Carina wesentlich wirksamer sind als oberhalb davon, wesentliche Bedeutung beizumessen ist.

Die Abb. 3 stammt von einer Bronchoskopie, die mit dem Beatmungsbronchoskop der Firma Storz, ohne Trachealabdichtung, durchgeführt wurde und bei der in 3minutigen Abständen intermittierend beatmet wurde. Die Beatmungspausen wurden für endoskopische Eingriffe benötigt oder aus Versuchsgründen eingeschaltet. Es zeigt sich, wie in jeder Beatmungspause der alveoläre CO_2-Druck sofort ansteigt und innerhalb 13 min ebenfalls einen hohen Wert erreicht. Es scheint aber vor allem wesentlich, daß durch die jeweils ausgeführten 10 Atemzüge die CO_2 nicht genügend abgeraucht werden kann, so daß der alveoläre CO_2-Druck auch nach den Beatmungen mit dem Narkosegerät eine aufsteigende Tendenz erkennen läßt. Die arterielle O_2-Sättigung weist deutliche, zur alveolären pCO_2 gegenläufige Schwankungen auf, ist aber für kurze Zeiträume noch etwa in normalen Bereichen zu halten.

Im Mittel ist der Kohlensäuredruckanstieg pro Zeiteinheit geringer als bei der alleinigen Insufflation, wenn auch bei länger dauernder Untersuchung doch recht hohe Kohlensäurewerte zur Messung kommen. Während bei der proximalen Insufflation ein Kohlensäuredruckanstieg von 8,1 mm Hg pro Minute im Mittel gefunden wurde, lag der Anstieg, bei der intermittierenden Beatmung (10 Atemzüge alle 3 min) bei 4,6 mm Hg pro Minute. Werden die Pausen zwischen den Beatmungen kürzer, so läßt sich der Anstieg des Kohlensäuredruckes in wesentlich günstigeren Bereichen halten.

Abb. 4 stellt eine Bronchoskopie mit intermittierender Beatmung dar. Die Beatmungspausen betrugen hier jeweils 2 min im Gegensatz zu den vorigen Untersuchungen mit 3minutigen Beatmungspausen. Der alveoläre Kohlensäuredruck läßt sich mit Ausnahme der erheblichen Schwankungen immerhin in einem Bereich zwischen 40 und 50 mm Hg halten.

Die Erfolge der Beatmung ohne gleichzeitige Abdichtung des Bronchoskopschaftes gegen die Trachea sind nicht immer gleich gut. Das Abdichten des Bronchoskopschaftes gegen die Trachea muß sicher als das zuverlässigste Verfahren angesehen werden. Daß es hierbei, bei gleichzeitigem Verschluß der proximalen Bronchoskopöffnung durch ein Glasfenster, möglich sein muß, über einen seitlichen Ansatzstutzen den Alveolarraum optimal zu ventilieren, bedarf eigentlich keiner Diskussion. Der Bronchoskopschaft ist jetzt einem gewöhnlichen Narkosetubus vergleichbar. Die hier wiedergegebene Abb. 5 soll deshalb auch lediglich die Leistungsfähigkeit dieser Methode veranschaulichen.

Wir haben dazu ein gewöhnliches Brünings-Bronchoskop (Nr. 12 und 10) mit proximaler Lichtquelle im Brünings-Griff der Firma Storz etwas abgeändert (Firma Riedel, Heidelberg, s. Abb. 6). Vor allem wurde am proximalen Rohrende ein seitlicher Beatmungsstutzen angeschweißt, der die Verbindung zum Narkosegerät herstellt. Am proximalen Ende befindet sich weiterhin ein Conus, der die 2 cm hohe Metallkappe mit dem — aus Beleuchtungsgründen — schräg eingelassenen Glasfenster aufnimmt. Die Führungsfeder des verlängernden Innenrohres kann durch eine mit Gummi abgedichtete Lücke zwischen Fenster und Kappe eben herausgeleitet werden. Schließlich wird das distale Ende des äußeren Rohres mit einer aufblasbaren Gummimanschette (Firma Dräger), wie sie auch Kuhlgatz teilweise für Bronchoskope verwendete, überzogen. Nach Intubation wird die Manschette aufgeblasen, das äußere Rohr kann in der Trachea an Ort und Stelle liegen bleiben (ein wichtiges Moment, denn eine sichere Beatmungsbronchoskopie kann nur mit verlängerbaren Bronchoskopien durchgeführt werden!). Nach Anschluß des Bronchoskops an einen geeigneten Narkose-Apparat sind die Bedingungen einer echten Intubationsnarkose in geschlossenem Kreislaufsystem hergestellt.

Nach unseren Untersuchungsergebnissen müssen wir die *Blutdruckwerte* als sicheres Maß für eine ausreichende Ventilation des Alveolarraumes während der Narkosebronchoskopie mit Relaxation ablehnen. Die *Pulsfrequenz* verhält sich nach unseren Untersuchungen ebenfalls unabhängig vom alveolären Kohlensäuredruck.

Nach diesen, nur in der Übersicht hier wiedergegebenen Untersuchungen sind die von seiten des Gasstoffwechsels während einer Narkosebronchoskopie

drohenden Gefahren zu überschauen. Die Möglichkeiten zu deren Beherrschung sind hieraus abzuleiten.

Die Zeitreserven für den Sauerstoff betragen nur wenige Minuten. Sie sind nicht für alle Gewebe und vor allem nicht für jedes Alter gleich groß. Bei einer Reihe von Erkrankungen, die nicht selten bei Patienten, die sich einer Bronchoskopie unterziehen müssen, vorhanden sind oder nicht sicher ausgeschlossen werden können, sind die Zeitreserven für den Sauerstoff oft noch wesentlich verkürzt. Wenn aber keine eindeutigen Zahlen über die mögliche Dauer und den möglichen Grad einer Hypoxie gegeben werden können, so sollte wegen der großen Gefahren, die vor allem den lebensnotwendigen Organen bei Hypoxie drohen, unsere Bestrebung dahin gehen, daß jede Sauerstoffuntersättigung vermieden werden muß. Diese Forderung nach der Aufrechterhaltung einer normalen Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes läßt sich in dieser Schärfe vor allem deshalb stellen, weil es durch sachgemäße Technik möglich ist, jede Hypoxämie und damit Hypoxie auch bei Narkosebronchoskopien unter Muskelrelaxation zu vermeiden.

Es sollte — gleich, welches Verfahren einer in Muskelrelaxation durchzuführenden Bronchoskopie vorgesehen ist — immer vor Beginn der Narkose eine möglichst hohe Sauerstoffkonzentration in der Lunge angestrebt werden. Dabei ist ein Verfahren zu wählen, bei dem inspiratorisch sicher nur Sauerstoff eingeatmet wird. Dies ist am besten mit einer mit einem Ausatemventil versehenen Maske zu erzielen.

Die Frage, wie lange Sauerstoff vor dem Narkosebeginn gegeben werden soll, läßt sich nicht ganz einheitlich beantworten. Bei Patienten ohne Lungenfunktionsstörungen sind die Verhältnisse relativ einfach zu übersehen. Die Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes steigt sehr rasch an. Ein annäherndes Konstantwerden des Oxymeterwertes unter Sauerstoffatmung entspricht unter diesen Bedingungen einer 100%igen Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes.

Bei vielen Lungenerkrankungen ist aber diese angenommene Gleichmäßigkeit der alveolären Ventilation erheblich gestört. Bei Emphysematikern fand Ulmer (1956) die bis zur vollständigen Aufsättigung des arteriellen Blutes erforderliche Zeit um das 4,3fache im Verhältnis zu Gesunden verlängert. Da aber einer Aufsättigung bis 100% noch nicht die optimal mögliche Sauerstoffanreicherung im Alveolarraum entspricht, sollte, wenn der Verdacht auf eine ernstere Emphysembildung mit Verteilungsstörung vorliegt, die Sauerstoffvorbereitung vor der Relaxation doch 10 min betragen. Patienten, die ventilatorisch so schlecht gestellt sind, daß sie in dieser Zeit nicht einen sehr hochprozentigen Sauerstoffgehalt in ihrem Alveolarraum erreichen, werden schon wegen ihrer schlechten Lungenfunktion und des hierbei meist schwer betroffenen rechten Herzens nicht mehr einer bronchoskopischen Untersuchung in Vollbetäubung unterzogen.

Ein besonderes Gefahrenmoment für das Eintreten einer Hypoxie stellt die für die Intubation benötigte Zeit dar, wenn sie nicht rasch gelingt und wenn mehrere Umlagerungen ohne Sauerstoffabdeckung durchgeführt werden. Unsere Messungen haben gezeigt, daß durch geringe Umlagerungen passive Ventilationsbewegungen zustande kommen, die einen Teil des in die Lungen gebrachten Sauerstoffes wieder durch Zimmerluft ersetzen und die Zeitreserven maßgeblich verkürzen.

Jeder Druck auf den Thorax, ja praktisch jede Bewegung, die mit dem muskelrelaxierten Patienten ausgeführt wird, ist von einer entsprechenden Ventilationsbewegung begleitet und bedeutet in dieser Phase Sauerstoffverlust aus dem Alveolarraum.

Es erscheint aus diesem Grund erstrebenswert, schon während der Intubation mit der Sauerstoffzu-

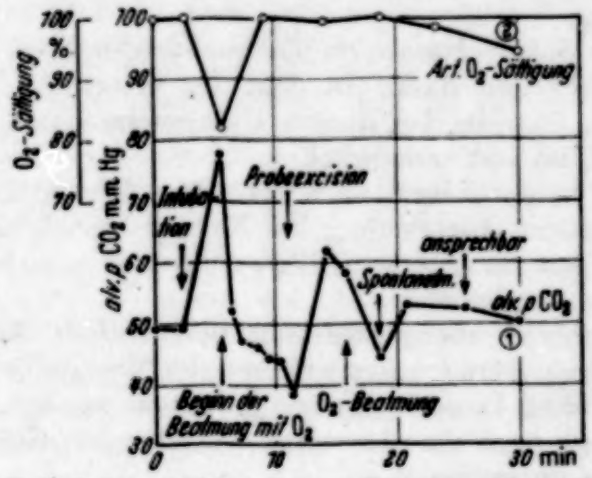

Abb. 5. Verlauf der arteriellen Sauerstoffsättigung (Kurve 2) und des alveolären Kohlensäuredruckes (Kurve 1) bei einer Narkosebronchoskopie mit Beatmungsbronchoskop und Trachealabdichtung. Nach 6minutiger Beatmung wurde aus einem Tumor im rechten Stammbronchus eine Probeexcision entnommen, wobei die Beatmung aussetzte. Die Leistungsfähigkeit hinsichtlich des Gasaustausches bei völlig dichtem System ist aus den Kurven abzulesen

fuhr im Insufflationsverfahren zu beginnen. Der Sauerstoffzuführungsstutzen am Bronchoskopschaft, auf den der Sauerstoffzuführungsschlauch geschoben ist, kann so angebracht sein, daß die Intubation hierdurch nicht behindert wird. Notwendige Lageände-

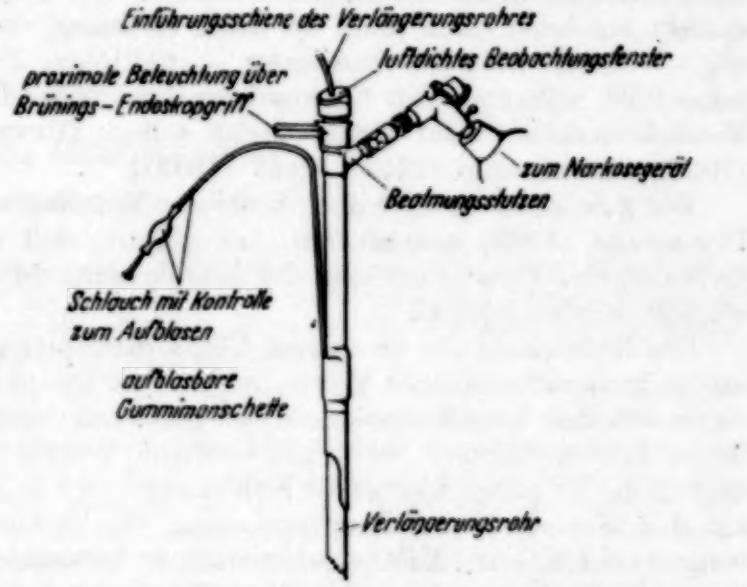

Abb. 6. Als Beatmungsbronchoskop modifiziertes Brünings-Bronchoskop (vgl. Text)

rungen während der Intubation bedeuten dann keinen Sauerstoffverlust mehr, da mit dem durch das Bronchoskop strömenden Sauerstoff die durch die Bewegungen hervorgerufenen Atembewegungen mit Sauerstoff abgedeckt werden. Die Sauerstoffzufuhr sollte 7—10 Liter pro Minute betragen. Wird aber, wie bei unseren anfänglichen Versuchen, während der Intubation noch kein Sauerstoff zugeführt, so entstehen sehr oft Sauerstoffuntersättigungszacken, die in Abhängigkeit von der Vorbereitungszeit des Patienten mit Sauerstoff, von den Bewegungen während der Intubation und von dem Ausmaß gleichzeitig vorhandener Lungenfunktionsstörungen einschließlich Stenosen in

den Bronchialwegen mehr oder weniger groß sein können. Der Beginn der Sauerstoffuntersättigung lag bei uns zwischen 45 sec und 2 min. Die gemessenen Sauerstoffsättigungswerte lagen zwischen 98 und 75 %.

Auch der „Bohr-Effekt", der bei Anstieg des Kohlensäuredruckes eine Verschlechterung der Sauerstoffbindungsfähigkeit des Blutes bewirkt, ist für das rasche Absinken der Sauerstoffsättigung von größerer Bedeutung.

Alle *Schwankungen im Kohlensäuredruck* des Alveolarraumes und damit in dem des arteriellen Blutes und im Gewebe bei diesen Untersuchungen zu vermeiden, ist fast unmöglich.

Die in der Literatur mitgeteilten Werte über die Kohlensäure-Abrauchung bei Narkosebronchoskopien sind wegen der unterschiedlichen Techniken nicht ohne weiteres vergleichbar.

Wenn aber übereinstimmend beträchtliche Anstiege des Kohlensäuredruckes während der Narkosebronchoskopie ohne Dauerbeatmung gefunden werden, so ist die Frage nach dem hierin zu erblickenden Gefahrenmoment zu stellen.

Die meisten Autoren sehen im Anstieg des Kohlensäuredruckes die Ursache für die Empfehlung, nach längerer Untersuchungszeit (etwa nach maximal 10 min) regelrechte Ventilationsperioden einzulegen. Während der empfohlenen beatmungsfreien Intervalle muß aber mit einem Anstieg des Kohlensäuredruckes um 20 bis 80 mm Hg, je nach verwendetem Verfahren und in Abhängigkeit von der Länge des beatmungsfreien Intervalles, gerechnet werden. Riecker (1955) glaubt, daß im allgemeinen hiermit keine Werte erreicht werden, die zu Bedenken Anlaß gebén würden. Die Praxis spricht zunächst auch ganz für diese Meinung, denn die — bereits aber beschriebenen — tödlichen Zwischenfälle während den Narkosebronchoskopien mit Muskelrelaxation sind sicher recht selten [Peters (1952), Silverburg (1944), Gray (1948)].

Wir möchten uns aber doch mehr der Meinung von Holmdahl (1956) anschließen, der glaubt, daß die Gefahren der Hyperkapnie in der Klinik nicht unterschätzt werden dürfen.

Die Bedeutung des alveolären CO_2-Druckanstieges auf so hochpathologische Werte, wie wir sie beispielsweise bei der Insufflationsmethode gemessen haben, ist in diesem Rahmen nicht mit wenigen Worten zu umreißen. Es wären hierbei die Kohlensäurewirkungen auf den Kreislauf, die Atemregulation, die Veränderungen im EKG und EEG usw. kritisch zu berücksichtigen. Es sei hier nicht näher darauf eingegangen. — Wenn wir aber, wie immer von allen Kennern der Blutphysiologie bestätigt wird, beobachten können, wie der Organismus bemüht ist, unter den verschiedensten Bedingungen seine Wasserstoffionenkonzentration mit einer Toleranz um wenige 1/100 p_H-Einheiten konstant zu halten, so darf uns die — besonders von den Verfechtern der Insufflationsmethode angeführte — Tatsache, daß bisher wohl nichts passiert ist, nicht darüber hinwegtäuschen, daß durch die Kohlensäureanreicherung in einer Größenordnung von 1/10 p_H-Einheiten (so wie wir sie gemessen haben) tiefgreifende Störungen in die Physiologie des Gasstoffwechsels gesetzt werden. Ob der Organismus mit solchen Störungen fertig wird, hängt von seiner individuellen Toleranz und von der zur Verfügung stehenden Regulationsgeschwindigkeit ab. Ein „Überleben" oder „Nichts passieren" ist nicht gleichbedeutend mit der Aufrechterhaltung physiologischer Gleichgewichte.

In der auf die *Extubation* folgenden Zeit dauert es sehr lange, bis nach einer Bronchoskopie mit erhöhten Kohlensäuredruckwerten der Ruhewert wieder erreicht wird. Als Ursache für dieses verzögerte Absinken der Kohlensäuredruckwerte sind vor allem 2 Gründe zu diskutieren. Einmal ist es möglich, daß als Nachwirkung der Narkose über die beobachteten Zeiträume das Atemzentrum der Wasserstoffionenkonzentration bzw. dem Kohlensäuredruck gegenüber vermindert ansprechbar ist. Zum anderen aber werden auch schon in den 10—20 min der Untersuchung mit der Erhöhung des Kohlensäuredruckes und der erheblichen Säuerung des arteriellen Blutes Regulationen wirksam werden, die eine Erhöhung der Alkalireserve zur Folge haben. Dadurch kommt es im Verhältnis zum Ausgangswert zu einer Erhöhung des Kohlensäuredruckes bei normaler Wasserstoffionenkonzentration. Es ist möglich, daß durch diesen Mechanismus ein erhöhter alveolärer Kohlensäuredruck über relativ längere Zeit eingestellt bleibt, der im Effekt natürlich einer alveolären Hypoventilation entspricht, mit ebenfalls, wie wir auch gemessen haben, erniedrigten alveolären Sauerstoffdrucken und erniedrigten arteriellen Sauerstoffsättigungswerten.

Manchmal liegt die Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes tiefer, als der alveolären Hypoventilation entspricht. Die Verschleimung mit ihren ventilatorischen Folgen im Bronchialbaum dürfte als wesentliche Ursache hierfür in Frage kommen. Nach gutem Absaugen und Abhusten ist häufig ein deutliches Ansteigen der Sauerstoffsättigung oxymetrisch zu beobachten.

Es erscheint unwahrscheinlich, die alleinige Ursache für die zeitweilige alveoläre Hypoventilation in einer nach der Muskelrelaxation zurückbleibenden, nicht genügenden Einsatzfähigkeit der Atemmuskulatur zu erblicken. Die Patienten sind nach Aufforderung zur Hyperventilation immer in der Lage, ihr Atemminutenvolumen mit gutem Erfolg für den alveolären Kohlensäuredruck zu steigern. Die ungenügende Ventilation hat wohl zum Teil zentrale Ursachen, wobei das Atemzentrum nicht genügend ansprechbar ist, und zum Teil periphere Ursachen, wobei die Reizbeantwortung durch die Atemmuskulatur noch nicht genügend ist.

Die Folgerungen für die *Zeit nach Beginn der Spontanatmung* liegen auf der Hand. Durch Sauerstoffanreicherung der Inspirationsluft läßt sich die Sauerstoffschuld der alveolären Hypoventilation leicht ausgleichen. Gutes Absaugen und die Aufforderung zum Abhusten wird die Ventilation verbessern und vielleicht auch die Diffusionsbehinderung durch die Verschleimung beseitigen. Das Aufrechterhalten normaler Kohlensäuredruckwerte während der Untersuchung wird die Verschiebung der Kohlensäuredissoziationskurve hintanhalten und auch hiermit, soweit möglich, der Entwicklung einer postbronchoskopischen alveolären Hypoventilation entgegenwirken.

Diese hier nur angedeuteten Ergebnisse unserer Untersuchungen sollen nun aber nicht dazu dienen, die Narkosebronchoskopie unter Muskelrelaxation überhaupt in Mißkredit zu bringen, es sollen nur die leicht zu vermeidenden Gefahren aufgezeigt werden.

Die von seiten des Gasaustausches drohenden Gefahren sind immer zu beherrschen, und es kann dabei den physiologischen Gegebenheiten weitgehend Rechnung getragen werden, wenn folgende Forderungen erfüllt sind:

1. Vor der Narkose soll über 5—10 min reiner Sauerstoff geatmet werden. Nur bei schwereren alveolären Hypoventilationsstörungen kann Sauerstoffatmung kontraindiziert sein. Diese Patienten haben fast immer ein schweres chronisches Cor pulmonale. Die Grundkrankheit wird hier im allgemeinen eine Kontraindikation für die Narkoseuntersuchung darstellen.

2. Erst unmittelbar vor der Intubation, nach einer eventuell notwendigen Umlagerung des Patienten, darf die Maske zur Sauerstoffbeatmung entfernt werden.

3. Es soll ein Beatmungsbronchoskop mit Abdichtmöglichkeit gegen die Trachea verwendet werden (etwa entsprechend dem von uns benutzten).

4. Unmittelbar nach der Intubation des Bronchoskopschaftes ist mit der Beatmung zu beginnen. Auch bei Eingriffen, die eine Öffnung des proximalen Fensters notwendig machen, soll über den Beatmungsstutzen weiter beatmet werden.

5. In der Zeit nach der Untersuchung ist durch sorgfältiges Absaugen eine möglichst gute Ventilierbarkeit des Alveolarraumes anzustreben. Durch Sauerstoffanreicherung der Atemluft kann die Sauerstoffschuld einer postnarkotischen Hypoventilation abgedeckt werden.

Nach all diesen — vorwiegend narkosetechnischen Gesichtspunkten — scheint es zweckmäßig, einen in der modernen Anaesthesie erfahrenen Mitarbeiter zur Hand zu haben.

Summary. Studies of the gaseous exchange during bronchoscopy under general anesthesia with muscle relaxants were performed on twenty-five patients of the University of Heidelberg, Dept. of Ear, Nose and Throat.

In order to judge the gaseous exchange, it is essential to measure the O_2-content and the CO_2-fraction in the alveolar space and in the arterial blood respectively. Both values were continuously registered during the entire testing-period. The cardiovascular system was simultaneously observed by constant measuring the blood pressure, the pulse rate and in some cases by recording an ECG.

All generally used methods of bronchoscopy under general anesthesia with muscle relaxants were applied in different series; the so-called method of diffusion-respiration, the artificial pulmonary ventilation in periodic intervals and the bronchoscopy with continuous pulmonary ventilation with (using an inflatable rubber-cuff mounted to the distal end of the bronchoscope) or without closed system.

The results of these examinations are discussed separately.

The imminent dangers and their elimination in each of these methods caused by insufficient gaseous exchange are pointed out.

Finally the precautions are demonstrated which are to be observed in order to conduct a bronchoscopy under general anesthesia with muscle relaxants under optimal conditions.

Literatur. Draper, W. B., and R. W. Whitehead: Anesthesiology **5**, 262 (1944). — Gray, J. S.: Zitiert bei L. Barth, Anaesthesist **3**, 227 (1954). — Holmdahl, M.: Acta chir. scand. Suppl. 212 (1956). — Kuhlgatz, G.: Anaesthesist **5**, 12 (1956). — Mündnich, K., u. G. Hoflehner: Anaesthesist **2**, 121 (1953); **6**, 271 (1957). — Peters: Zitiert bei L. Barth, Anaesthesist **3**, 227 (1954). — Riecker, O. E.: Z. Laryng. Rhinol. **34**, 217 (1955). — Silverburg: Zit. bei L. Barth, Anaesthesist **3**, 227 (1954). — Ulmer, W.: Verh. dtsch. Ges. inn. Med. **62**, 68 (1956). — Pflügers Arch. ges. Physiol. **268**, 484 (1959). — Volhard, F.: Münch. med. Wschr. **55**, 209 (1908).

Tagungsberichte

Unfallrettungsdienst durch Hubschrauber

Colloquium des Deutschen Forschungsringes für Verkehrsmedizin am 28. Januar 1960 in Bochum

Am 28. 1. 60 fand auf Einladung des Deutschen Forschungsrings für Verkehrsmedizin in der Chirurgischen Klinik der Berufsgenossenschaftlichen Krankenanstalten Bergmannsheil in Bochum ein Colloquium über das Thema „Unfallrettungsdienst durch Hubschrauber" statt. An diesem Colloquium nahmen Direktoren großer Kliniken und Universitätsinstitute, Vertreter des Bundesministeriums für Verkehr, des Arbeitsministeriums, des Verteidigungsministeriums, Ärzte der amerikanischen Streitkräfte, Vertreter deutscher Hubschrauber-Gesellschaften und -Dienste sowie Anaesthesisten und Vertreter der Industrie teil.

Es wurden erörtert:

1. Medizinische Anforderungen an den Unfallrettungsdienst (Hubschraubertransport),
2. die technischen Möglichkeiten des Hubschraubers zum Transport Verletzter,
3. bisherige praktische Erfahrungen,
4. zusammenfassende Stellungnahme.

Die größten Erfahrungen im Hubschraubertransport wurden durch die Amerikaner im Korea-Krieg gesammelt. Aus diesen Erfahrungen haben die USA einen globalen Luftrettungsdienst entwickelt, der nicht nur entlang den Küsten der USA zusammen mit der Küstenwacht bei Flugzeugunglücken und Seenotfällen eingesetzt wird, sondern auch in anderen Ländern, wie z. B. hier in Deutschland, zur Verfügung steht. Ähnliche Luftrettungsdienste, teilweise auf ziviler Grundlage, finden sich in wesentlich kleinerem Umfang in fast allen Ländern Europas. In Deutschland wird in Zusammenarbeit und in dichter Nachbarschaft der Militärlazarette ein Luftrettungsdienst auf dem militärischen Sektor aufgebaut, der auch der Zivilbevölkerung zur Verfügung stehen soll. Sind solche militärischen Einsatzgruppen aber in Manövern oder in Ernstfällen beansprucht, dürften sie für die Versorgung der Zivilbevölkerung ausfallen.

Es wurden zahlreiche Beispiele über Hubschraubereinsätze erörtert, wo es eine andere Bergungsmöglichkeit von Verletzten, sei es durch Blockierung der Zufahrtsstraßen zum Unfallort oder durch Geländeschwierigkeiten, nicht mehr gab. Weitere praktische Erfahrungen haben ergeben, daß nicht nur bei Katastropheneinsätzen (z. B. Fréjus, Südfrankreich) Hubschrauber oft die einzige Hilfsmöglichkeit bedeuten, sondern daß auch bei Einzeleinsätzen (schweren Schädel- und Thoraxverletzungen, bei denen der Zeitfaktor bei der Erstversorgung eine entscheidende Rolle spielt) schnellste Hilfeleistung nur durch Flugzeugeinsatz möglich ist.

Es hat sich gezeigt, daß die Hilfsmöglichkeiten am Unfallort selbst durch Ärzte entschieden werden sollten, die durch erste Wiederbelebungsmaßnahmen, Schockbekämpfung usw. Patienten am Unfallort erst transportfähig machen können. Es sollte aber auch die Transportbegleitung durch einen Arzt erfolgen, der bei Zwischenfällen (Erbrechen, Atemstillstand usw.) noch während des Transports eingreifen kann. Entscheidend für den Hubschraubereinsatz wie für jeden Unfallrettungsdienst ist der Alarmdienst, der in Zusammenarbeit mit Notfallsarztwagen, Rot-Kreuz- und Polizeidienststellen erfolgen sollte.

Abschließend wurde die Notwendigkeit eines allgemeinen Unfallrettungsdienstes anerkannt, der in mehreren Einsatzhorsten über das Bundesgebiet verteilt einen wirksamen Hilfsdienst mit Hubschraubern ermöglichen würde. Solche Horste

mit mindestens 3 Hubschraubern sollten in der Nähe großer Universitäts- und chirurgischer Kliniken (mit Spezial-Abteilungen) liegen. Beim Einsatz sollte ein in der Wiederbelebung besonders ausgebildeter Arzt (Anaesthesist) zum Unfallort mitfliegen. Die Unfallpatienten sollten direkt im Kliniksbereich (z. B. auf dem Dach der Klinik) gelandet werden können.

Ein solcher Hubschrauber-Rettungsdienst erfordert erhebliche Mittel, die durch Etats des Bundes und der Länder sowie durch Beiträge der Unfallrettungsgesellschaften, Berufsgenossenschaften, Krankenkassen, Anstalten der Sozialversicherung, Deutsches Rotes Kreuz, Kraftverkehrsverbänden usw. aufgebracht werden sollten.

J. Bark (Tübingen)

Europäische Anaesthesistenvereinigung
Symposium vom 10. bis 11. April 1960 in Lausanne

In *Lausanne* hat am 10. und 11. April 1960 ein Symposium der Europäischen Anaesthesistenvereinigung stattgefunden. Es trafen sich die Delegierten der Anaesthesiegesellschaften der westeuropäischen Länder. Außerdem amerikanische, südafrikanische und polnische Anaesthesisten. Die Probleme, die in diesem Symposium in Gesprächen am runden Tisch zur Diskussion standen, waren:

1. Die Organisation der selbständigen Anaesthesie- und Wiederbelebungsabteilungen.
2. Die Aufgabe dieser Abteilungen bzw. der Anaesthesisten bei der ersten Hilfe.
3. Die Aufgabe des Anaesthesisten bei Katastropheneinsätzen — im zivilen und militärischen Sektor.

Nach einer kurzen Begrüßungsansprache des Organisateurs des Symposiums, M. Pinkas, hob der Dekan der Med. Fakultät der Universität Lausanne, Prof. Dr. med. Streiff, die Bedeutung des Anaesthesisten in der modernen Medizin hervor. Er betonte, daß wie andere Spezialgebiete, z. B. die Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, die Gynäkologie usw. sich auch die Anaesthesiologie unbedingt von der Bevormundung durch die Chirurgie befreien müsse.

Die Eröffnungssitzung schloß mit kurzen Ansprachen der Herren Niederer, Präsident der Schweizer Gesellschaft für Anaesthesiologie und Prof. Brena, Präsident der Europäischen Anaesthesistenvereinigung.

1. Gespräch am runden Tisch.

Präsident: Reinhold (Belgien).

Referenten: Marogер (Frankreich), Montague (Frankreich), Couremenos (Griechenland).

Thema: Organisation und Aufgabenbereich der selbständigen Anaesthesie- und Wiederbelebungsabteilungen.

Resultat: Der Anaesthesist muß wie in den anglo-amerikanischen Ländern in die prä-, per- und postoperative Phase eingeschaltet werden. Er muß wie der Internist und der Kardiologe ein Mitspracherecht haben. Er muß für die Operation die Betäubungsmethoden, die er für die besten hält, alleine bestimmen können. Er muß die Überwachung der postoperativen Phase übernehmen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine zentrale Operationsabteilung, in der *alle* operativen Fachdisziplinen arbeiten, erforderlich. Nur, wenn diese Forderungen erfüllt sind, lassen sich die in der postoperativen Phase auftretenden Komplikationen optimal behandeln.

Während der anschließenden Diskussion kam unter anderem auch das Problem der Standardisierung des zur Narkose erforderlichen Materials und Gerätes zur Sprache. Eine theoretische Lösung ist absehbar. Leider stößt das Problem in der Praxis auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten.

2. Gespräch am runden Tisch.

Präsident: Hahn (Schweiz).

Referenten: Beghe (Italien), De Vries Robles (Holland), Zindler (Deutschland).

Thema: Rolle des Anaesthesisten bei der Ersten Hilfe a) im Krankenhaus, b) außerhalb des Krankenhauses.

Resultat: Innerhalb eines Krankenhauses muß die Anaesthesieabteilung selbständig sein. Sie darf nicht von anderen Fachdisziplinen abhängen. Nur so ist eine optimale Versorgung der akut lebensbedrohlich Erkrankten — Vergiftungen, Infektionskrankheiten, die mit Atemlähmungen einhergehen usw. — durch den Anaesthesisten möglich. Natürlich ist eine enge Zusammenarbeit mit den anderen Disziplinen erforderlich.

Im Anschluß wurden die verschiedenen Methoden der künstlichen Beatmung (Erste Hilfe) besprochen. Insbesondere wurde auf die Technik der Wiederbelebung bei Ertrunkenen eingegangen, wie sie in Holland geübt wird.

Der Anaesthesist muß bei der Versorgung von Verletzten bei Straßenverkehrsunfällen eingesetzt werden — Aspiration, Kreislauf usw. Möglichkeiten zur Organisation der Ersten Hilfe: a) Erste Hilfe-Stationen, b) Erste Hilfe-Wagen — nicht mit Krankentransportwagen zu verwechseln, c) fahrbare Operationssäle. Auf Grund des vorliegenden statistischen Materials dürfte dem gut ausgerüsteten Erste-Hilfe-Wagen der Vorzug zu geben sein. In der Diskussion zeigte Brena an Hand von Statistiken, daß Straßenverkehrsunfälle mehr Opfer fordern als Kriege. In der hierauf folgenden sehr lebhaften Diskussion berichtete Herr Lopes-Soares (Portugal) von seinen in *Agadir* gemachten Erfahrungen. Besonders hob er die Notwendigkeit einer Koordination der an der Ersten Hilfe beteiligten Organisationen hervor. Über die fehlende Zusammenarbeit im Falle *Agadir* ließ sich der Redner in dem dritten Gespräch nochmals ausführlich aus. Die Gründung einer zentralen internationalen Organisation, die für Katastropheneinsätze verantwortlich zeichnen soll, wurde verlangt.

Das Problem der „Réanimation respiratoire" wurde eingehend besprochen. Obwohl über die „Mund-zu-Mund"-Beatmung bisher nur relativ wenig praktische Erfahrung vorliegt, scheint diese Methode nach den bisher vorliegenden Berichten sehr gute Erfolge zu zeigen. Hier gilt aber, wie bei jeder künstlichen Beatmung als oberster Grundsatz das Freihalten der oberen Luftwege.

Abschließend wurde besprochen: Erste Hilfe bei Thoraxverletzungen, Wiederbelebung bei Neugeborenen.

Am 11. April fanden sehr eindrucksvolle Demonstrationen der Ersten Hilfe bei Straßenverkehrsunfällen, bei Unfällen durch Ertrinken und Feuer bzw. Rauchentwicklung statt. Ermöglicht wurden diese Vorführungen durch eine Zusammenarbeit von Polizei und Feuerwehr der Stadt *Lausanne* mit dem Organisator des Symposiums. Hierbei wurde ein mustergültiger Einsatzwagen für Erste Hilfe vorgeführt, wie er im kommenden Jahr in der Schweiz allgemein eingeführt werden soll!

3. Gespräch am runden Tisch.

Präsident: Hossli (Schweiz).

Referenten: Matteucci (Italien), Cara (Frankreich), Ruben (Dänemark).

Thema: Anaesthesie und Wiederbelebung im Falle eines Krieges.

Resultat: Die Probleme der Wiederbelebung und der Anaesthesie im Kriegsfall unterscheiden sich von denen im Frieden wesentlich. Einmal durch die Zahl der anfallenden Verletzten, zum zweiten durch die Art der Verletzungen. Sie muß den militärischen Bedingungen angepaßt sein. Allein aus diesen Gründen kann im Kriegsfall die Versorgung nicht so optimal sein wie im Frieden. Die Transportorganisationen müssen ausgebaut, mit allem erforderlichen Material und sehr gut ausgebildetem Personal ausgerüstet sein. Nur dadurch ist ein Transport, ob mit Eisenbahn, Kraftwagen, Flugzeug oder Hubschrauber, in ein Zentralkrankenhaus sinnvoll.

Zusammenfassung. Während des Symposiums in *Lausanne* war die Gelegenheit für einen Gedankenaustausch der europäischen Anaesthesieschulen gegeben. Die oben angeführten Themen wurden ausführlich und sehr lebhaft besprochen. Die Aufgabe des Anaesthesisten wurde erneut definiert. Sein Aufgabenbereich in der Klinik, bei der Ersten Hilfe sowohl im zivilen als auch im militärischen Sektor wurde umrissen. Nur wenn der Anaesthesist diesen Aufgabenbereich übernehmen kann und auch den anderen Fachdisziplinen gleichgestellt wird, kann er auf Grund seiner Ausbildung und Kenntnisse einen Beitrag zur Entwicklung der modernen Medizin leisten.

W. Sauerwein (Saarbrücken)

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. R. Frey, Heidelberg, Neuenheimer Landstr. 28/30; für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3. — Springer-Verlag OHG., Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.
Printed in Germany

Unveränderter Nachdruck
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1976